

Universidad Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Tecnología Electrónica



Sistema electrónico de control y regulación
de condiciones fotométricas

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Autor: Pablo Escribano García

Tutor: Dr. Ramón Blanco Gonzalo

Índice

Resumen.....	5
Abstract	6
Índice de ilustraciones.....	7
Índice de Tablas.....	9
1. Introducción	10
1.1 Ubicación.....	11
1.2 Reconocimiento biométrico.....	13
2. Estado del arte	15
2.1 Qué es un LED	15
2.2 Historia de los LEDs	16
2.3 LED de alta potencia (Power LED).....	18
2.4 Ventajas e inconvenientes de los LEDs	19
2.5 Aplicaciones de los LED	22
3. Estado y configuración inicial.....	25
3.1 Estructura	25
3.2 Power LEDs.....	27
3.3 Drivers	30
4. Problema y solución	31
4.1 Revisión de la instalación y estado inicial	31
4.2 Diseño.....	33
4.2.1 Desmontaje y limpieza	33
4.2.2 Identificación, placas y cálculos.....	36
4.2.3 Montaje de las placas.....	42
4.2.4 Ensayo del prototipo	43
4.3. Alimentación	47
4.4. Cableado.....	50
5. Prevención de Riesgos y Seguridad.....	58
5.1 Pulsador de emergencia.....	58
5.2 Diseño cableado y mantenimiento	59
5.3 Filtraciones	59
5.4 Radiación producida por los LEDs	60



6. Resultados, Conclusiones y Mejoras	62
6.1 Resultados	62
6.1.1 Encendido	62
6.1.2 Modulación.....	63
6.1.3 Desviaciones del funcionamiento	63
6.2 Conclusiones.....	63
6.3 Mejoras	64
6.4 Aplicaciones futuras	64
7. Presupuesto.....	66
8. Bibliografía	68

Agradecimientos

Me gustaría dar la gracias a Ramón Blanco por la ayuda, el soporte, los ánimos y las facilidades que me ha dado para poder realizar este proyecto. También me gustaría agradecer a Raúl Sánchez Reíllo la oportunidad de poder realizar este proyecto en el ID-Testinglab y de colaborar con su equipo.

Gracias a mi familia por apoyarme durante estos años para no rendirme y continuar trabajando a pesar de los impedimentos y obstáculos.

No puedo olvidarme de todos mis amigos cercanos que me han apoyado y animado a continuar trabajando para alcanzar la gran meta de terminar el proyecto y finalizar mi carrera como ingeniero.

Y gracias a esa persona por ayudarme estos últimos años.

PD: ¿Todavía estudiando? Siempre, pero ahora mismo no.

Resumen

A lo largo del presente documento como Proyecto final de Carrera se describe el análisis, diseño y montaje de un sistema electrónico de control y regulación de las condiciones fotométricas de un recinto cerrado ubicado en el interior del Laboratorio de Ensayos en Sistemas de Identificación, ID-Testinglab. Ubicado en el laboratorio 1.0.B.08 Centro Mixto EADS-UC3M en Sistemas Aeroespaciales, en las instalaciones del Parque Científico Leganés Tecnológico.

La motivación del proyecto es la de poner en funcionamiento un sistema de iluminación controlado para alterar las condiciones ambientales en futuros ensayos de reconocimiento biométrico.

La instalación en el estado inicial no está en funcionamiento, por tanto es necesario un diagnóstico y revisión en profundidad de la instalación al inicio del proyecto. Tras un análisis detallado de la situación inicial se han apuntado y enumerado las reparaciones necesarias. Adicionalmente se observa la inclusión de varios diseños en la instalación, diferentes entre ellos sin interconexión aparente.

Después del análisis previo, se decide implementar un nuevo diseño del sistema, incluyendo la parte electrónica, eléctrica y de organización del sistema para homogeneizar la instalación y ponerla en funcionamiento. Para ello, se realizan mediciones y cálculos para dimensionar la instalación según las necesidades de control y de funcionamiento propias de la instalación.

Gracias a los cálculos y mediciones tomadas, se determina la electrónica de control para los dispositivos LEDs, así como el diseño del cableado, etiquetando e identificando el conexionado a lo largo de todo el sistema. Se han implementado prototipos de los nuevos diseños del sistema y se realizan ensayos de funcionamiento correspondientes. Una vez verificado el funcionamiento del nuevo diseño, se procede al montaje completo del sistema en la instalación. Tras el montaje se realizaron varios ensayos del sistema completo.

Se finaliza con un análisis de los resultados y conclusiones, enumerando posibles mejoras y líneas de uso futuras.

Abstract

Along this document as end of long cycle degree Thesis is described the analysis, design and setting of a regulation and control system of photometric conditions in a closed area, located within the Testing of Identification Systems Laboratory, ID-Testinglab. The laboratory is located in the 1.0.B.08 Mix Center EADS-UC3M in Aerospace Systems, in the facilities of Scientific Park Leganes Technologic.

The motivation of the thesis is to establish a working illumination system controlled to modify ambient conditions in future tests of biometric recognition.

The installation at initial state is not working, therefore is necessary to perform a diagnosis and deep review of the installation at the beginning of the thesis. After a detailed analysis of the initial situation it was noted down and enumerated the required repairs needed. Additionally it was noticed several designs embedded in the installation, different and with no connection between them.

Thereafter previous analysis, it was decided to implement a new design of the system, including electronics, electrics and management of the system to homogenize installation and set it working. To do that, there were performed several measurements and calculations to size the installation following the requirements of control and operation.

Taking into account the calculus and measurements performed, it was determined the electronic control for LED devices, as well as the design of wiring, labeling and identifying the connections along the whole system. Prototypes were implemented for new designs of the systems and working tests were performed. Once the proper working operations of new design were verified, system setting was performed. After that, several working tests were performed for the whole system.

To finalize conclusions were exposed the results and, enumerating possible improves or future lines of application.

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1: Placas de identificación del Laboratorio de ensayos en sistemas de identificación ID Testinglab</i>	11
<i>Ilustración 2: Situación del laboratorio en el mapa, España, Madrid</i>	11
<i>Ilustración 3: Mapa de ubicación del centro tecnológico (Leganés)</i>	12
<i>Ilustración 4: Fases del reconocimiento biométrico [2]</i>	13
<i>Ilustración 5: Cambios de iluminación en reconocimiento facial [20]</i>	14
<i>Ilustración 6: Escenarios posibles de ensayos [2]</i>	14
<i>Ilustración 7: Funcionamiento de un diodo LED [17]</i>	15
<i>Ilustración 8: Símbolo LED [18]</i>	16
<i>Ilustración 9: Partes de un LED [19]</i>	16
<i>Ilustración 10: LED de potencia [16]</i>	18
<i>Ilustración 11: La pantalla en Freemont Street en Las Vegas es la más grande</i>	23
<i>Ilustración 12: LED aplicados al automovilismo, vehículo con luces diurnas de LEDs</i>	23
<i>Ilustración 13: Vestuario LED para espectáculos escénicos, creado por Beo Beyond</i>	24
<i>Ilustración 14: Partes de la instalación del sistema de control de iluminación</i>	25
<i>Ilustración 15: Foto de la estructura metálica</i>	26
<i>Ilustración 16: Planta de la estructura metálica</i>	26
<i>Ilustración 17: Cotas estructura metálica</i>	27
<i>Ilustración 18: Láminas LEDs</i>	27
<i>Ilustración 19: Tipos de LEDs</i>	28
<i>Ilustración 20: LED infrarrojo H11A1-H850-120</i>	28
<i>Ilustración 21: LED blanco, Pure White W42182</i>	29
<i>Ilustración 22: LED cálido, Warm White W42182</i>	29
<i>Ilustración 23: Drivers instalados inicialmente</i>	30
<i>Ilustración 24: Foto del estado inicial</i>	31
<i>Ilustración 25: Foto del estado del cableado inicial</i>	32
<i>Ilustración 26: Imagen de los drivers iniciales</i>	32
<i>Ilustración 27: Pistola de termofusible T6216 professional gluegun de la marca C.K</i>	34
<i>Ilustración 28: Orientación inicial de los disipadores</i>	35
<i>Ilustración 29: Configuración de aletas para enfriamiento natural. Configuración aletas en horizontal (izquierda) y en vertical (derecha)</i>	35
<i>Ilustración 30: Comparación configuración de aletas en vertical y en horizontal</i>	35
<i>Ilustración 32: Etiquetado de láminas LEDs</i>	37
<i>Ilustración 33: Esquema de conexión drivers</i>	38
<i>Ilustración 34: Placa matriz perforada</i>	39
<i>Ilustración 35: Estación de soldadura marca Aoyue 968</i>	39
<i>Ilustración 36: Placa de control</i>	40
<i>Ilustración 37: Esquema circuito amortiguador</i>	40
<i>Ilustración 38: Gráfica sobretensión del transitorio</i>	41
<i>Ilustración 39: Zócalos</i>	41
<i>Ilustración 40: Aislamiento de la zona</i>	42
<i>Ilustración 41: Instalación de la placa control</i>	42
<i>Ilustración 43: Fuente de alimentación QL355TP POWER SUPPLY de la marca TTI</i>	43
<i>Ilustración 44: Generador de funciones WW1071 de Tabor Electronics</i>	45
<i>Ilustración 45: Osciloscopio DS1102D Digital Oscilloscope de la marca Rigol</i>	45
<i>Ilustración 46: Ensayo de conexión de 5 láminas</i>	46

<i>Ilustración 47: Polímetro 37XR-A de la marca Amprobe</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 48: Fuente de alimentación SP-320-36 de fabricante MeanWell</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 49: Esquema del conexionado del sistema</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 50: Bobina de cable del fabricante ALPHA WIRE</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 51: Mazo de 3 cables, terminal positivo</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 52: Mazos de cables de alimentación</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 53: Mazos de cables etiquetados.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 54: Placa de alimentación.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 55: Placa de alimentación etiquetas.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 56: conexionado de alimentación.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 57: Cables de colores para la identificación de cables de control.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 58: Mazo de cables de colores para la identificación de los cables de control</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 59: Cables de control conectados</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 60: Conductos para organizar y contener los cables</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 61: Mapa de la instalación</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 62: Conductos para organizar y contener los cables</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 63: Pulsador de parada de emergencia. CEPY1-1002 de ABB.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 64: Esquema del sistema con pulsador de emergencia</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 65: Filtraciones de agua en el laboratorio</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 66: LED infrarrojo encendido</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 67: Espectro electromagnético [23].....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 68: Daños por radiación en las personas [22].....</i>	<i>61</i>



Índice de Tablas

<i>Tabla1: Caidas de tensión en los LEDs.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla2: Requisitos para la elección de un nuevo driver</i>	<i>37</i>
<i>Tabla3: Funciones de los pines del driver RCD-24-0.35.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla4: Cálculos de consumo de potencia de una lámina</i>	<i>47</i>
<i>Tabla5: Cálculos de consumo de potencia</i>	<i>47</i>
<i>Tabla6: Cálculos reparto de consumo de potencia</i>	<i>48</i>
<i>Tabla7: Cálculos de consumo de potencia según conexionado</i>	<i>48</i>
<i>Tabla8: Código de colores para identificación de cables</i>	<i>53</i>
<i>Tabla9: Reparto de láminas LED por fuente de alimentación</i>	<i>55</i>
<i>Tabla10: Resumen de cálculos de longitud de conductos por lámina.....</i>	<i>56</i>

1. Introducción

La motivación del actual proyecto es la de poner en funcionamiento un sistema capaz de controlar y regular las condiciones fotométricas de un entorno delimitado.

El presente documento está dividido en los siguientes puntos:

En el punto 1. *Introducción* se describe el contexto del actual proyecto, incluyéndose la ubicación, características del reconocimiento biométrico, componentes de la instalación como los LEDs y la estructura. En el punto 2. *Estado del arte*, se contextualiza el uso de los LEDs, definiendo que es un LED, ventajas e inconvenientes y aplicaciones. A lo largo del punto 3. *Estado y configuración inicial*, se explica los componentes de la instalación. En el punto 4. *Problema y Solución*, se detalla los pasos seguidos para la detección de fallos y cálculos realización del nuevo diseño, así como diferentes ensayos de funcionamiento y el montaje.

En el punto 5. *Prevención de Riesgos y Seguridad*, se enumeran los riesgos y prevenciones detectadas en el sistema, indicando medidas para mitigarlos y para poder realizar un uso de la instalación de manera segura. A lo largo del punto 6. *Resultados, Conclusiones y Mejoras*, se comentan los resultados del proyecto, así como las conclusiones obtenidas, e identificando posibles mejoras y líneas de uso futuras. En el punto 7. *Presupuesto*, se listan los costes asociados a la ejecución del proyecto. En el punto 8. *Bibliografía* se listan las fuentes de información utilizadas en el proyecto.

1.1 Ubicación

La instalación del sistema electrónico de control y regulación de las condiciones fotométricas se encuentra ubicado en el ID Testinglab en interior del Laboratorio de Ensayos en Sistemas de Identificación, 1.0.B.08 Centro Mixto EADS-UC3M en Sistemas Aeroespaciales, en las instalaciones del Parque Científico Leganés Tecnológico.

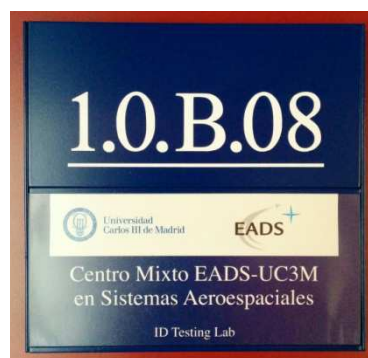


Ilustración 1: Placas de identificación del Laboratorio de ensayos en sistemas de identificación ID Testinglab

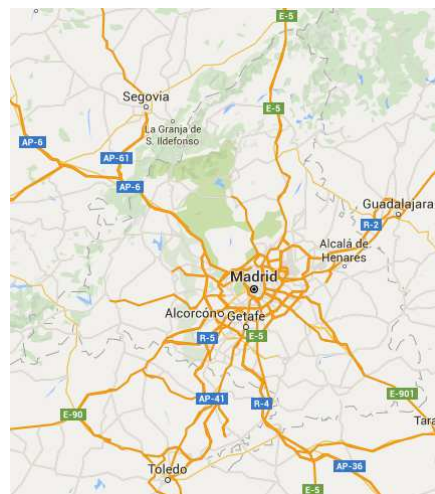


Ilustración 2: Situación del laboratorio en el mapa, España, Madrid.



Ilustración 3: Mapa de ubicación del centro tecnológico (Leganés)

1.2 Reconocimiento biométrico

En este capítulo hablaremos del reconocimiento biométrico por las aplicaciones directas que tendrá el proyecto en este tipo de reconocimiento. Las condiciones fotométricas tienen un papel muy importante en los ensayos de reconocimiento biométrico, y concretamente en el reconocimiento facial.

El reconocimiento biométrico de personas tiene cada día mayor importancia en la sociedad y la industria, sobre todo en procesos de verificación de usuarios y principalmente en el campo de la seguridad. El reconocimiento biométrico consiste en la identificación automática de individuos en base a sus características biológicas o de comportamiento [1].

Como ejemplos de rasgos biométricos se pueden citar: huellas dactilares, rasgos de la cara, características del iris, la voz o la firma manuscrita [1].

El proceso de identificar o verificar a una persona por sus rasgos biométricos se compone de varias fases, que incluyen desde la captura de la muestra hasta la decisión de si dicha muestra es o no genuina. En la Ilustración 4 se muestran las fases típicas de una más comunes. En este proyecto nos vamos a centrar solo en la captura de la muestra biométrica.

En la fase de captura biométrica influyen varios factores como el dispositivo de captura, el usuario, las condiciones ambientales, etc. En este proyecto se pretende controlar o modificar las condiciones ambientales, concretamente la iluminación.



Ilustración 4: Fases del reconocimiento biométrico [2]

El Sistema de Iluminación LED influye por tanto a la fase de "Captura", en esta fase el Sistema de Iluminación LED modificará las condiciones ambientales de iluminación en las que se realiza la captura de la muestra. Esta fase tiene una gran

importancia, ya que dependiendo de la calidad de la muestra capturada se verán afectados los resultados del proceso de reconocimiento.



Ilustración 5: Cambios de iluminación en reconocimiento facial [20]

En la ilustración 5 podemos ver una aplicación del sistema en la modificación de condiciones fotométricas ambientales durante un ensayo de reconocimiento facial.

Gracias a este sistema se podrán modificar las condiciones ambientales de iluminación, asegurando unas condiciones homogéneas para el proceso de captura, o alterándolas en futuros ensayos o estudios.



Ilustración 6: Escenarios posibles de ensayos [2]

En la ilustración 6 podemos ver algunos de los posibles escenarios en los que se pueden modificar las condiciones lumínicas analizando los resultados posteriormente.

2. Estado del arte

En este capítulo explicaremos que es un dispositivo LED en que se basa su tecnología y su origen como dispositivo electrónico, recorriendo su historia, exponiendo que elementos forman un dispositivo LED y cómo funciona. También enumeraremos sus ventajas e inconvenientes y aplicaciones actuales.

2.1 Qué es un LED

La definición de led viene del inglés *LED*, acrónimo de “*Light-Emitting Diode*” diodo semiconductor que emite luz cuando se le aplica tensión. Los dispositivos LEDs están basados en la electroluminiscencia.

Los LEDs crean luz por electroluminiscencia en un material semiconductor. La electroluminiscencia es un fenómeno por el que un material emite luz cuando una corriente eléctrica o un campo eléctrico lo atraviesan. Esto pasa cuando se envían electrones a través del material y llenan huecos de electrones. Un hueco de electrón existe cuando a un átomo le falta un electrón (cargado negativamente) y por tanto tiene una carga positiva.

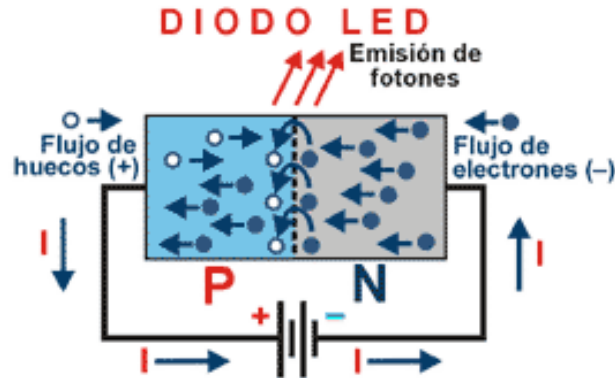


Ilustración 7: Funcionamiento de un diodo LED [17]

Los materiales semiconductores como el germanio o el silicio pueden ser “dopados” para crear y controlar el número de huecos de electrón. Dopar es la adición de otros elementos al material semiconductor para cambiar sus propiedades. Dopando un semiconductor se puede crear dos tipos de semiconductores separados en el mismo cristal. La frontera entre los dos tipos se conoce como unión p-n. La unión solo permite el paso de corriente a través de ella en una dirección, esta es la razón por la que se usan como diodos. Los LEDs se crean usando uniones p-n. Mientras los electrones pasan a través de un cristal al otro, llenan huecos de electrones emiten fotones (luz).

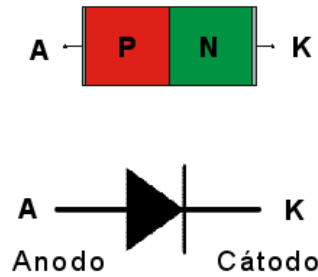


Ilustración 8: Símbolo LED [18]

En la ilustración 9 se enumeran la partes que componen un LED, en los dispositivos LED la polaridad bien determinada por la unión p-n, es fundamental respetar esta polaridad. De lo contrario el dispositivo no funcionará o resultará dañado.

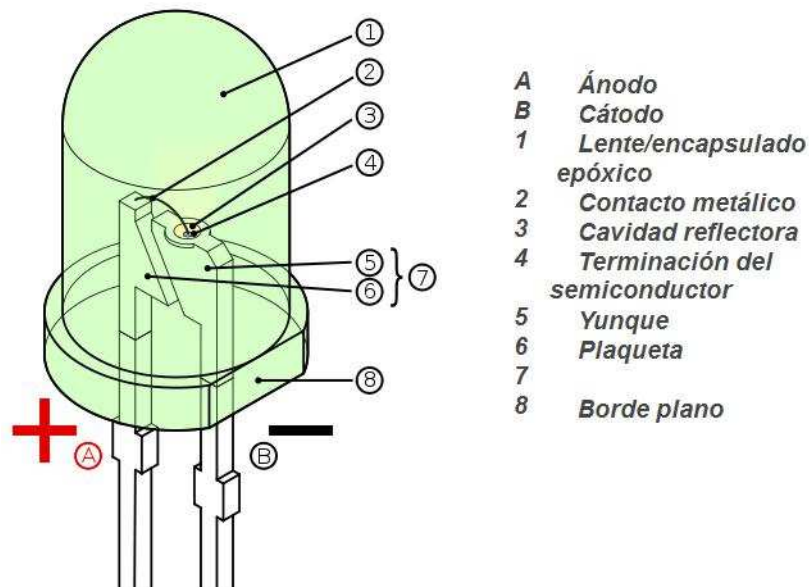


Ilustración 9: Partes de un LED [19]

2.2 Historia de los LEDs

A continuación enumeraremos cronológicamente los descubrimientos que han hecho posible la existencia de los LEDs tal y como los conocemos hoy en día.

1907 - H.J. Round descubre la electroluminiscencia cuando usaba carburo de silicio y un bigote de gato. Oleg Losev independientemente descubre el fenómeno el mismo año. Londres, Reino Unido. [8]

1920 - Oleg V. Losev estudió el fenómeno de los diodos emisores de luz en sistemas de radio. Su primer trabajo en LEDs incluyó un informe en la emisión de luz del SiC. En 1927 publicó un detallado reporte pero su trabajo no fue muy conocido hasta 1950 cuando sus publicaciones resurgieron. San Petersburgo, Rusia. [8]

1961 - James R. Biard. "Bob" Biard y Gary Pittman desarrollaron el LED infrarrojo en Texas instruments. Este fue el primer LED moderno. Fue un descubrimiento por accidente mientras TI trataba de hacer un diodo varactor de banda X. El descubrimiento fue hecho durante el test de un diodo túnel usando zinc esparcido en un área de un sustrato semi-aislado GaAs (Arseniuro de Galio) Dallas, Texas. [8]

1961 - Gary Pittmantra bajó junto a James R. Biard. Había empezado a trabajar en 1958 con el semiconductor GaAs para la creación de prototipos de células solares. Descubrió y desarrolló el LED infrarrojo con James R. Biard. Dallas, Texas. [8]

1962 - Nick Holonyack Jr. Desarrolló el LED rojo, el primer LED de luz visible. El usó GaAsP (Arseniuro de Galio Fosfuro) en un sustrato de GaAs. General Electric. Siracusa, New York. [8]

1972 - M. George Craford creó el primer LED amarillo en Monsanto usando GaAsP. Desarrolló un LED rojo más brillante. St. Louis, Missouri. [8]

1972 - Herbert Maruska and Jacques Pankove desarrollan el LED violeta usando Mg-dopado GaN en láminas. El LED violeta es el fundador para el verdadero LED azul desarrollado más tarde. RCA Labs, New Jersey. [8]

1979 - Shuji Nakamura desarrolló el primer LED azul brillante del mundo usando GaN (Nitruro de Galio). No sería hasta 1990 cuando el LED azul redujera su coste para la producción comercia. Tokushima, Japón. [8]

1976 - Thomas P. Pearsall desarrolla un LED especial de alto brillo para uso en fibra óptica. Este mejoró la tecnología de comunicación en todo el mundo. Paris, Francia. [8]

Durante la década de los 1980 con el desarrollo de un nuevo material GaAlAs (arseniuro de galio aluminio) un rápido crecimiento de los LEDs comenzó. La tecnología del GaAlAs propicio un rendimiento superior sobre los LEDs disponibles. El brillo era en torno a 10 veces mayor que los LEDs estándar debido al aumento de la eficiencia y la multicapa, estructuras tipo heterounión. El voltaje requerido para la operación era menor, provocando un ahorro de energía total. Estos LEDs podían ser fácilmente operados con pulsos con un multiplexor.

En la década de los 1990 los LEDs azules se volvieron disponibles en cantidades de producción industrial. Este hecho creó una nueva generación de nuevas aplicaciones. Los LEDs azules han sido siempre difíciles de fabricar, debido a su alta energía de fotón ($>2.5\text{eV}$) y relativa baja sensibilidad al ojo. Adicionalmente la

tecnología necesaria para fabricar estos LEDs es muy diferente y avanzada que los materiales de LED estándar. Los LEDs azules disponibles hoy en día consisten en construcciones de GaN (Nitruro de galio) y SiC (carburo de silicio) con altos niveles de brillo.

2.3 LED de alta potencia (Power LED)

Los LEDs de alta potencia son diseños más completos que incluyen diversas alternativas de ópticas de control del flujo luminoso y se fabrican en potencias mayores a 1 W; este tipo de LEDs se utilizan principalmente en aplicaciones arquitectónicas de iluminación en exteriores e iluminación para calle, permitiendo tener más posibilidades de diseño y efectos de color. Los LEDs de alta potencia son diseños más completos que incluyen diversas alternativas de ópticas de control del flujo luminoso y se fabrican en potencias mayores a 1 W; este tipo de LEDs se utilizan principalmente en aplicaciones arquitectónicas de iluminación en exteriores e iluminación para calle, permitiendo tener más posibilidades de diseño y efectos de color. [16]

Sus características típicas son:

- Vida promedio de 50,000 hrs.
- Excelente Flujo Luminoso
- Alta Eficiencia
- Control preciso y direccional del flujo luminoso
- Mínimas emisiones de radiaciones infrarrojas y ultravioletas

Podemos ver un encapsulado típico de LEDs de potencia en la ilustración 10:



Ilustración 10: LED de potencia [16]

2.4 Ventajas e inconvenientes de los LEDs

Ventajas

Vida útil

Como una fuente de luz semiconductor, los LEDs tienen una larga vida útil y son generalmente robustos. Mientras que las bombillas incandescentes pueden tener una vida útil esperada (hasta fallo) de 1000 horas, los LEDs son a menudo resaltados por tener una vida útil de hasta 100,000 horas (más de 11 años). Sin embargo estas cifras son engañosas, como el resto de fuentes de luz, el rendimiento de los LEDs se degrada con el tiempo, y esta degradación se ve fuertemente afectada por factores como la corriente de operación o la temperatura.

En el presente, no hay una definición estándar de la vida útil de los LEDs, aunque algunas partes han sugerido que la vida útil se debería tener en cuenta la reducción del mismo un porcentaje de su valor original (como el 70% o 50%).

Bajo mantenimiento

La larga vida útil de los LEDs reduce la necesidad de reemplazar diodos fundidos, y esto puede crear ahorros significantes, particularmente el coste de mandar equipos de mantenimiento. Esto hace que los LED sean útiles para la instalación fija y en relativamente ubicaciones inaccesibles. Sin embargo, tareas como limpieza de las fijaciones o chequeos eléctricos tienen que llevarse a cabo regularmente, por tanto la sustitución de las fuentes de luz puede ser realizada a la vez, negando la ventaja de “bajo mantenimiento”.

Eficiencia

Los LEDs son fuentes de luz de alta eficiencia. Los LEDs blancos tienen eficiencias de 25 lm/W y superiores están disponibles comercialmente, excediendo el rendimiento de fuentes incandescentes y algunas fluorescentes. La naturaleza direccional de luz producida por los LEDs permite el diseño de luminarias con un alto índice de eficiencia general.

Bajo consumo

El bajo consumo de los LEDs conlleva un significativo ahorro de energía que puede llevar a la instalación de sistemas basados en LED, como por ejemplo señales de tráfico. Programas nacionales para el desarrollo de efectivas industrias de iluminación basadas en

semiconductores en EE.UU y Japón han sido fomentados por el potencial ahorro de energía asociado al uso de LEDs.

Calor

LEDs no producen calor en forma de radiación infrarroja, la que causa que las bombillas incandescentes estén calientes al tacto. La ausencia de radiación IR permite que las fijaciones LEDs se puedan colocar en lugares en los que el calentamiento provocado por fuentes convencionales puede causar un problema particular, por ejemplo: iluminación de comida o textiles.

Tamaño

Los LEDs son muy pequeños, típicamente LED de alto brillo miden 0.3 mm por 0.3 mm, mientras que los dispositivos LEDs de alta potencia pueden ser de 1 mm x 1 mm o más grandes. Hay muchos ejemplos donde la disponibilidad de dispositivos pequeños y de alto brillo permiten un avance significativo en el mercado. El ejemplo obvio es en teléfonos móviles, donde LEDs de color azul, verde y blanco se usan en la mayoría de modelos, también como backlight para teclados of pantallas LCD y LED.

Encendido instantáneo

Los LEDs se encienden rápidamente, incluso cuando en frío, y esto es una particular ventaja para ciertas aplicaciones como las luces de freno de un coche.

Color

Los LEDs están disponibles en un extenso rango de brillantes colores saturados (aunque el rendimiento varía a lo largo del espectro) y dispositivos blancos también están disponibles. Módulos que contienen diferentes LEDs de colores (típicamente rojo, verde, azul, o RGB) pueden ajustarse a un inmenso rango de colores, y fácilmente regulables. Módulos RGB proveen de una gama mucho más amplia de colores que los LEDs blancos u otra tradicional fuente de luz blanca, lo que es una particular ventaja en aplicaciones en LCDs.

Diseño

Los LEDs están abiertos a nuevas opciones de diseño, algunos de los cuales eran inconcebibles antes.

Medio ambiente

Los LEDs no contienen mercurio y en muchos casos se están dando pasos para reemplazar las soldaduras que contienen plomo (utilizadas mayormente para realizar reparaciones de circuitos impresos de LEDs) con materiales libres de plomo, en línea con las directivas Europeas. La eficiencia natural de los LEDs también los hace respetuosos con el medio ambiente.

Desventajas

Estandarización

La general falta de estandarización en el campo de los LED es un problema que continua. Varios estándares existen relacionados con la existencia de LEDs en áreas como la iluminación automovilística y las señales de tráfico. Otros esfuerzos se están llevando a cabo por organizaciones como CIE, NEMA y IES.

Luminosidad

Aunque los LEDs tienen una alta eficiencia y consumen una pequeña cantidad de potencia, los dispositivos producen un pequeño número de lúmenes. Por ejemplo, una bombilla incandescente de 60W con una eficiencia de 20 lm/W produce 1200 lúmenes. Un LED de 1W con una eficiencia de 30 lm/W produce sólo 30 lúmenes, hacen falta 40 de estos LEDs para producir la misma cantidad de luz que una bombilla incandescente.

Calor

Los LEDs producen calor en la unión del semiconductor en el interior del dispositivo. La eficiencia del muro del encendido (potencia óptica dividida por la potencia eléctrica) de los empaquetados LEDs es típicamente en la región del 5-40%, significando que en algún sitio entre el 60 y 95% de la potencia de alimentación se pierde por calor.

Sin una muy eficiente gestión térmica y sumidero térmico crea que la temperatura de la unión del LED aumente, lo que hace que las características del LED cambien. Alimentar el LED por encima de la corriente de funcionamiento establecida causa que la temperatura de la unión aumente hasta niveles en los que se puede producir un daño permanente.

Coste

En muchas aplicaciones, los LEDs son caros comparados con otras fuentes de luz, cuando medimos con indicadores como “euros-por-lumen”. Los fabricantes de LEDs siguen trabajando en reducir los costes de producción y a la vez aumentar la cantidad de luz producida por los dispositivos.

Sin embargo, los altos costes iniciales de los sistemas basados en LEDs son superados por el bajo consumo de energía, bajo coste de mantenimiento y otros factores.

Procesado de semiconductores

La fabricación de LEDs es un complejo proceso a altas temperaturas que incluye el crecimiento de capas cristalinas sobre una oblea de semiconductor. La calidad de las capas determina las propiedades del LED. La reproducción idéntica es difícil de conseguir en una misma oblea, o de una oblea a otra, o de un día a otro. Algunos LEDs procesados de una oblea resultaran dispositivos de alta calidad, mientras que otros de la misma oblea tendrán una calidad mucho menor y terminarán en aplicaciones como juguetes para niños.

Drivers

Los LEDs son fuentes de luz de bajo voltaje, en general requieren un voltaje de corriente continua constante para operar óptimamente. Diseñar e implementar un driver adecuado es clave para obtener todos los beneficios de los LEDs.

2.5 Aplicaciones de los LED

Los LEDs en la actualidad se pueden acondicionar o incorporarse en un porcentaje mayor al 90 % a todas las tecnologías de iluminación actuales, casas, oficinas, industrias, edificios, restaurantes, arenas, teatros, plazas comerciales, gasolineras, calles y avenidas, estadios (en algunos casos por las dimensiones del estadio no es posible porque quedarían espacios oscuros), conciertos, discotecas, casinos, hoteles, carreteras, luces de tráfico o de semáforos, señalizaciones viales, universidades, colegios, escuelas, estacionamientos, aeropuertos, sistemas híbridos, celulares, pantallas de casa o domésticas, monitores, cámaras de vigilancia, supermercados, en transportes (bicicletas, motocicletas, automóviles (ilustración 12), camiones tráiler, etc.), en linternas de mano, para crear pantallas electrónicas de LED (tanto informativas como publicitarias) y para cuestiones arquitectónicas especiales o de arte culturales. Todas estas aplicaciones se dan gracias a su diseño compacto. En la ilustración 11 podemos ver una de estas aplicaciones:



Ilustración 11: La pantalla en Freemont Street en Las Vegas es la más grande.

Los diodos infrarrojos (IRLED) se emplean desde mediados del siglo XX en mandos a distancia de televisores, habiéndose generalizado su uso en otros electrodomésticos como equipos de aire acondicionado, equipos de música, etc., y, en general, para aplicaciones de control remoto así como en dispositivos detectores, además de ser utilizados para transmitir datos entre dispositivos electrónicos como en redes de computadoras y dispositivos como teléfonos móviles, computadoras de mano, aunque esta tecnología de transmisión de datos ha dado paso al bluetooth en los últimos años, quedando casi obsoleta.



Ilustración 12: LED aplicados al automovilismo, vehículo con luces diurnas de LEDs.

Los LEDs se emplean con profusión en todo tipo de indicadores de estado (encendido/apagado) en dispositivos de señalización (de tránsito, de emergencia, etc.) y en paneles informativos (el mayor del mundo, del NASDAQ, tiene 36,6 metros de altura y está en Times Square, Manhattan). También se emplean en el alumbrado de pantallas de cristal líquido de teléfonos móviles, calculadoras, agendas electrónicas, etc., así como en bicicletas y usos similares. Existen además impresoras con LEDs.



Ilustración 13: Vestuario LED para espectáculos escénicos, creado por Beo Beyond.

El uso de LEDs en el ámbito de la iluminación (incluyendo la señalización de tráfico e iluminación de viales) está alcanzando cotas de crecimiento de hasta un 300 % anual, comenzando en el año 2007, en que se instaló iluminación LED en una vía pública por primera vez en Europa, en el paseo marítimo de Barbate (Cádiz) por un fabricante local.

Sus prestaciones son superiores a las de la lámpara incandescente y la lámpara fluorescente, desde diversos puntos de vista. La iluminación con LEDs presenta indudables ventajas: fiabilidad, mayor eficiencia energética, mayor resistencia a las vibraciones, mejor visión ante diversas circunstancias de iluminación, menor disipación de energía, menor riesgo para el medio ambiente, capacidad para operar de forma intermitente de modo continuo, respuesta rápida, etc.

Asimismo, con LEDs se pueden producir luces de diferentes colores (ilustración 13) con un rendimiento luminoso elevado, a diferencia de muchas de las lámparas utilizadas hasta ahora que tienen filtros para lograr un efecto similar (lo que supone una reducción de su eficiencia energética). [15]

3. Estado y configuración inicial

En este apartado se explica la idea inicial del sistema y los componentes de la instalación, la estructura, los LEDs y los drivers. El sistema se ideó originalmente para poder crear un entorno de iluminación controlado, de esta manera un operador podría controlar mediante un microprocesador el encendido o apagado de la iluminación o la intensidad de la misma. A continuación se ilustra un esquema del sistema:

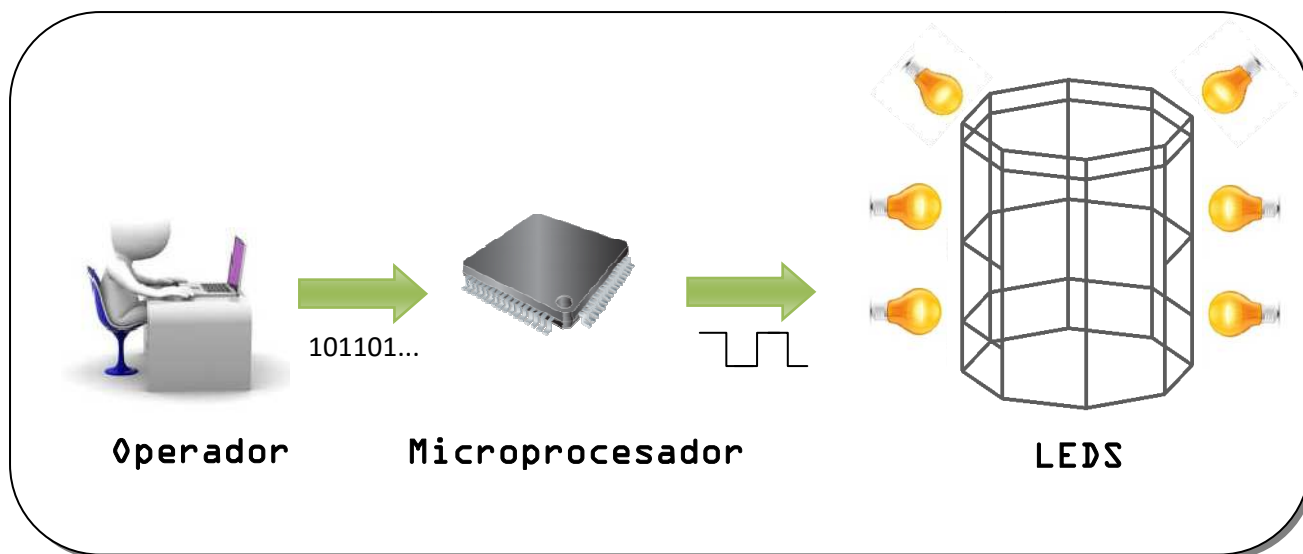


Ilustración 14: Partes de la instalación del sistema de control de iluminación

3.1 Estructura

La instalación está compuesta por una estructura metálica compuesta por tubos de aluminio de sección cuadrada unidos por remaches formando un prisma de planta octogonal. La estructura se encuentra ubicada en una de las esquinas del laboratorio, como podemos ver en la Ilustración 15:



Ilustración 15: Foto de la estructura metálica

La estructura está fijada al suelo con tornillos y está compuesta por una planta octogonal compuesta por tres niveles con una diferencia de altura entre ellos, ver ilustración 17.

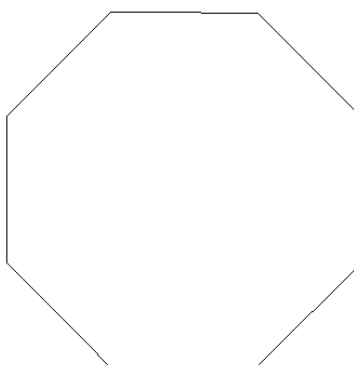


Ilustración 16: Planta de la estructura metálica

Las dimensiones de la estructura vienen detalladas en la ilustración 17:

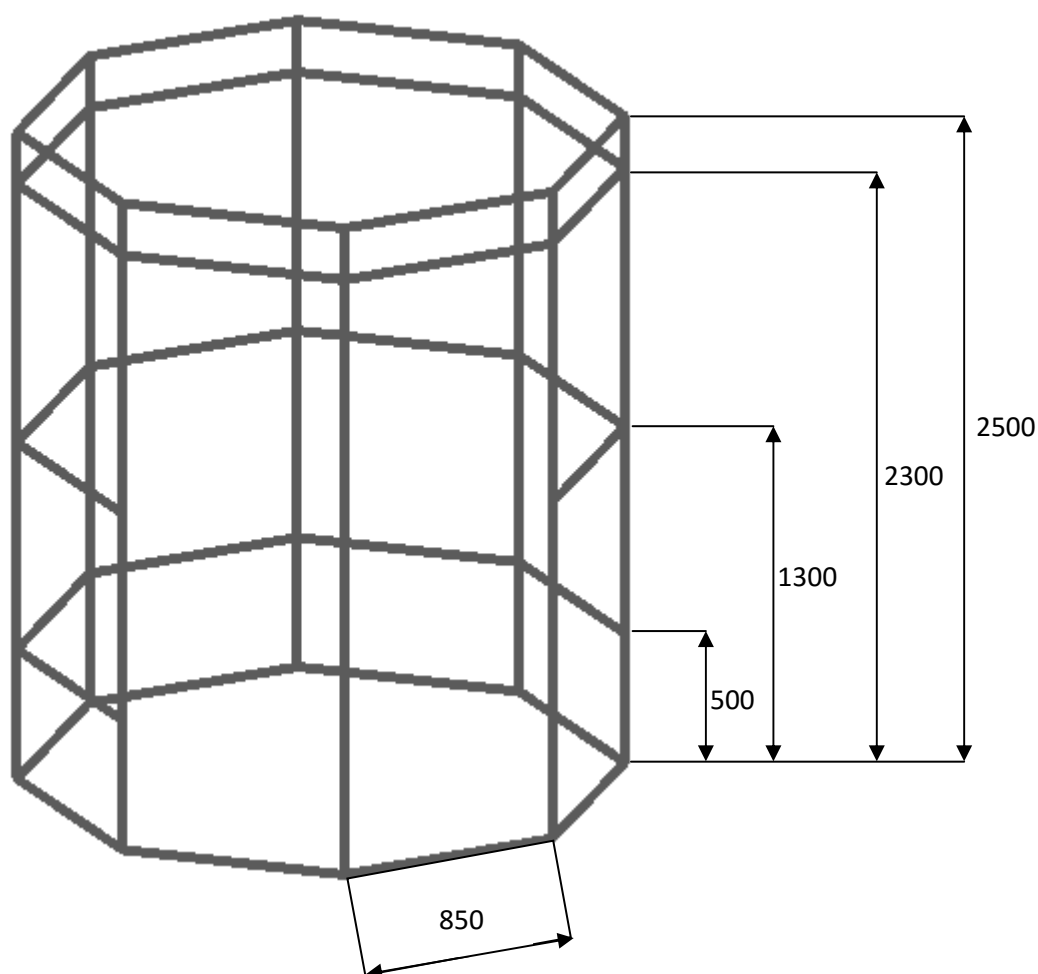


Ilustración 17: Cotas estructura metálica

3.2 Power LEDS

Para la iluminación del espacio comprendido en el interior de la estructura se diseñaron inicialmente unas láminas de aluminio en las que se adhirieron los LEDs.



Ilustración 18: Láminas LEDs

Hay un total de 18 láminas en la estructura, en la siguiente distribución: 5 en el nivel inferior, 5 en el nivel intermedio y 8 en el nivel superior.

A estas láminas se han adherido 30 LEDs conectados en serie. Se distinguen 3 tipos de LEDs, LEDs infrarrojos, LEDs de luz blanca, y LEDs de luz cálida.

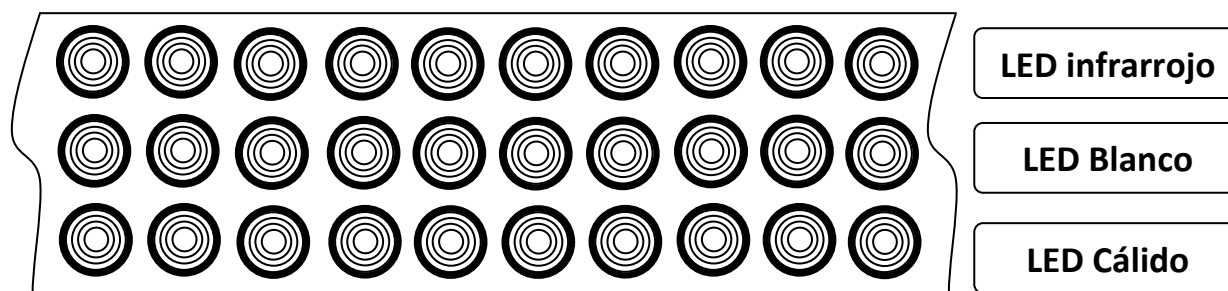


Ilustración 19: Tipos de LEDs

Como vemos en la ilustración los LED infrarrojos son los que están situados en nivel superior, los LEDs de luz blanca están en el nivel intermedio y los de luz cálida en el nivel inferior. En total la instalación tiene $18 \times 30 = 540$ LEDs.

Tanto el número de LEDs, el tipo de LEDs y su posición estaba predefinidos en la instalación al inicio del actual proyecto, por tanto se decidió no modificar el número de LEDs, la posición y el tipo. Se intentó reutilizar el máximo de componentes previos posible para ahorrar costes adicionales y tiempo. Según este criterio a continuación se describen los LEDs utilizados en el sistema.

Para los LEDs infrarrojos se utilizó el modelo H11A1-H850-120 Hexagon High Power LED del fabricante Roithner Lasertechnik.

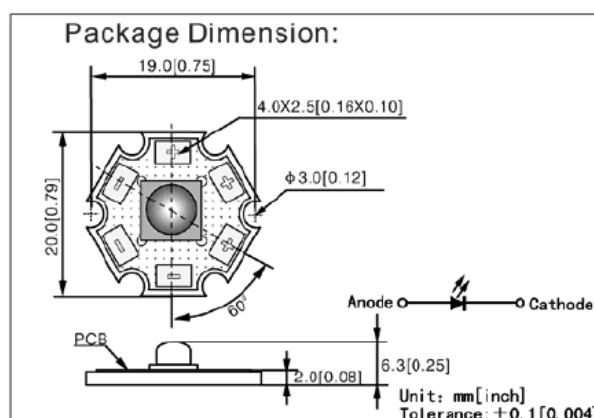


Ilustración 20: LED infrarrojo H11A1-H850-120

Para los LEDs de luz blanca se usó el modelo Z-Power LED, Pure White W42182, del fabricante Seoul Semiconductor.

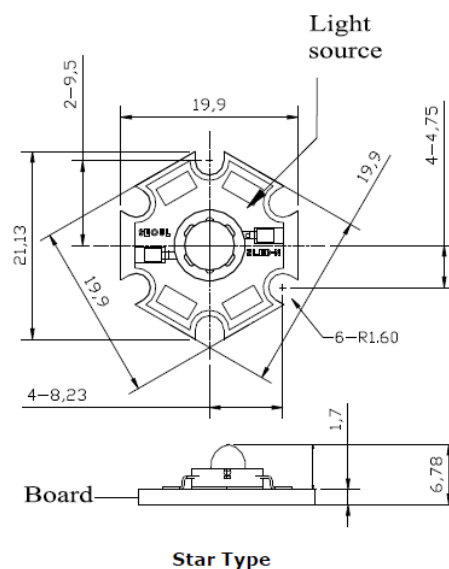


Ilustración 21: LED blanco, Pure White W42182

Los LEDs que se utilizaron para la luz cálida son el modelo Z-Power LED, Warm White N42182, del fabricante Seoul Semiconductor.

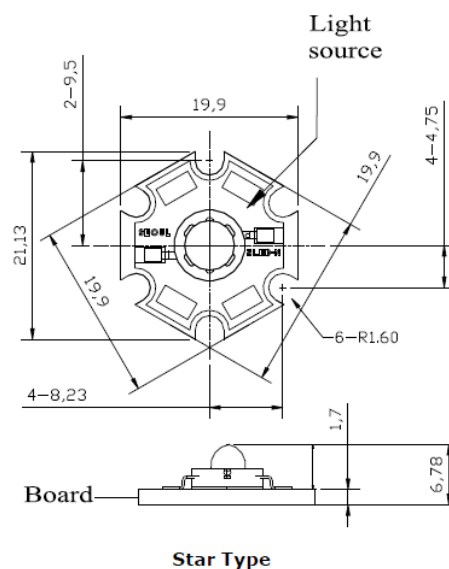


Ilustración 22: LED cálido, Warm White W42182

3.3 Drivers

Para la operación de los LEDs es necesario un dispositivo driver para poder suministrar una corriente y voltaje adecuados para su correcto funcionamiento además de para realizar la regulación.

En la instalación se encontraron dos tipos de drivers instalados:

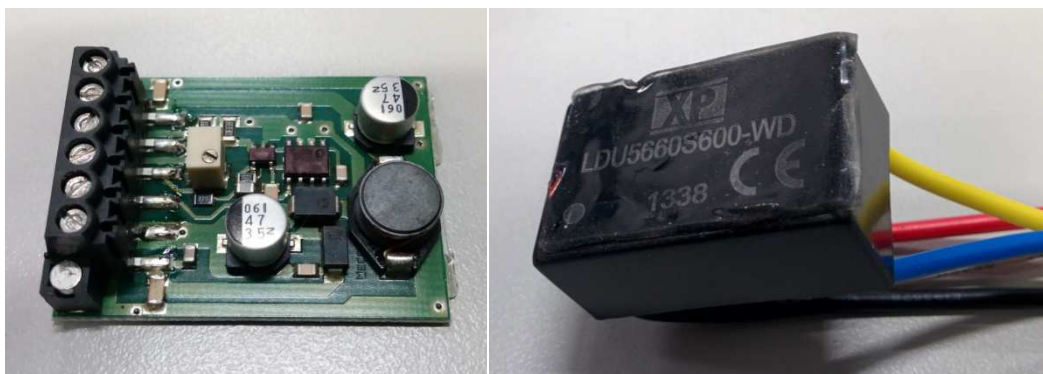


Ilustración 23: Drivers instalados inicialmente

Para realizar el control de los LEDs se usa una señal de control PWM que modula las condiciones fotométricas de la instalación.

4. Problema y solución

A lo largo de este apartado se explican las actividades realizadas a partir del estado inicial de la instalación, así como las fases revisión del estado inicial, diseño, ensayos, alimentación, cableado y montaje.

La instalación al inicio del proyecto no está en funcionamiento, después de un diseño inicial y su posterior puesta en marcha según la información recibida, se produce una avería, esta avería parece tener su origen en un sobrecalentamiento de los drivers encargados de controlar la iluminación de los LEDs.

4.1 Revisión de la instalación y estado inicial

La instalación ha sido sometida a varios diseños, al inicio de este proyecto la instalación se encontraba en el estado que podemos ver en la ilustración 24:



Ilustración 24: Foto del estado inicial



Ilustración 25: Foto del estado del cableado inicial

Como podemos observar en las fotos, a lo largo de la estructura hay atornilladas varias láminas de aluminio que tienen los LEDs adheridos, se observa que cada lámina contiene 30 LEDs, con cableado que conecta varias láminas, también se observa cableado enrollado en la estructura.

En la estructura existen varios diseños de control con diferentes drivers instalados:

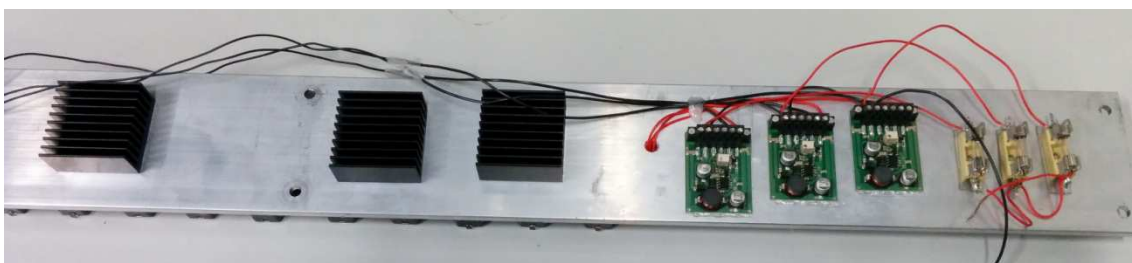
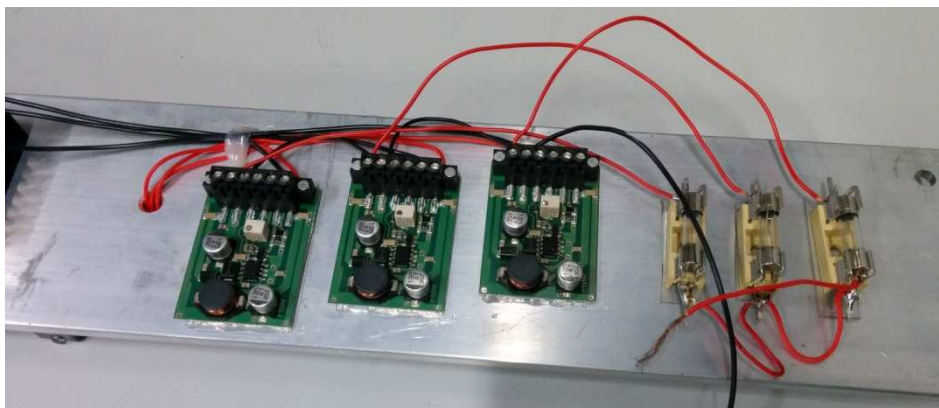


Ilustración 26: Imagen de los drivers iniciales

Se procede a revisar e inventariar el material instalado, se cuentan 18 láminas de metal cada una de ellas con 30 LEDs adheridos (10 LEDs IR, 10 LEDs PW, 10 LEDs

WW, aclarado gracias a la documentación de proyectos previos) de cada una de estas placas salen varios cables, sin tener una identificación y sin aclarar su función.

Se identifica el uso de fusibles y diferentes drivers de control de LEDS en la instalación, utilizándose un modelo en las placas del nivel superior y otro modelo en las placas inferiores. El sobrecalentamiento de estos drivers según la información obtenida es el causante de la avería y actual estado del sistema. Se detecta un cableado desordenado y sin conectar, metros de cable enredados o enrollados en la estructura metálica de la instalación.

Se concluye de esta manera que la instalación se encuentra incompleta y con varios diseños mezclados en la misma, encontrando un cableado desorganizado y por tanto un sistema no funcional.

Después de este análisis de la instalación se identifica la necesidad de organizar y homogeneizar toda la instalación con un nuevo diseño.

4.2 Diseño

Partiendo de la situación inicial de la instalación se procedió a revisar la documentación de funcionamiento de las láminas de LED.

Se observó que las en las láminas hay distintos tipos de LEDs, encontramos LEDs Infrarrojos, LEDs de luz blanca y LED de Luz cálida. Cada tipo de LED tiene sus propias características como podemos comprobar en la documentación. Esto se traduce en que cada LED tiene unos valores de caída de tensión diferentes aunque misma corriente de funcionamiento 350mA.

Se extrajeron los requisitos de funcionamiento de los conjuntos de LEDs. El nuevo diseño debe satisfacer los requisitos de funcionamiento de una manera organizada con un sistema homogeneizado en toda la instalación, respetando la estructura y las láminas que tienen los LEDs adheridos.

4.2.1 Desmontaje y limpieza

Se procedió a la desinstalación de todos los componentes montados. Esto implica desmontaje de cada una de las láminas con LEDs y su desconexión.

Durante esta fase se respetarán los LEDs adheridos, manteniendo únicamente estos, eliminando el resto de componentes de las láminas. En esta fase también se

revisa el funcionamiento de cada uno de los LEDs de las tiras, comprobando que todos se iluminan correctamente y su que su fijación a la lámina es adecuada.

También se revisa los encapsulados de los LEDs, se detecta que no todos están bien adheridos, se procede a su fijación con la pistola de pegamento termofusible T6216 professional gluegun de la marca C.K.



Ilustración 27: Pistola de termofusible T6216 professional gluegun de la marca C.K

En los casos que requerían una sustitución del algún LED por estar fundido se ha procedido a su reemplazo, soldado y fijación a las láminas metálicas.

Los diodos led son un sistema de iluminación muy eficiente, pero los LEDs utilizados en el sistema son de alta potencia (Power LED). Estos diodos disipan parte de la potencia recibida en forma de calor, este calor provoca un incremento de la temperatura. La temperatura de funcionamiento de los LED influye directamente en su vida útil [3]. Por lo que es conveniente mantener una temperatura de funcionamiento lo más baja posible para garantizar una mayor vida útil de los LEDs.

Los LEDs estaban acoplados a una superficie metálica con cinta térmica. Esta lámina metálica ayuda a disipar el calor generado por los LEDs al aumentar la superficie de intercambio de calor. Adicionalmente para fomentar la disipación del calor generado por los 30 LEDs acoplados a cada superficie metálica se incorporaron 3 disipadores por lámina como se muestra en la ilustración 28:

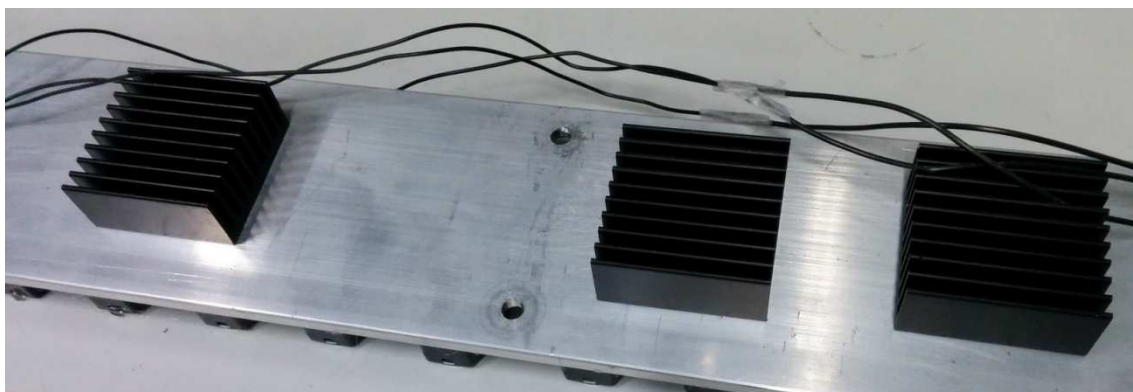


Ilustración 28: Orientación inicial de los disipadores

Como se observa los disipadores tienen las aletas orientadas en dirección horizontal, en perpendicular con respecto al suelo y paralelos a las láminas.

Según el estudio [21], se describen las diferencias de eficiencia térmica de configuración de disipador de aletas en horizontal y vertical:

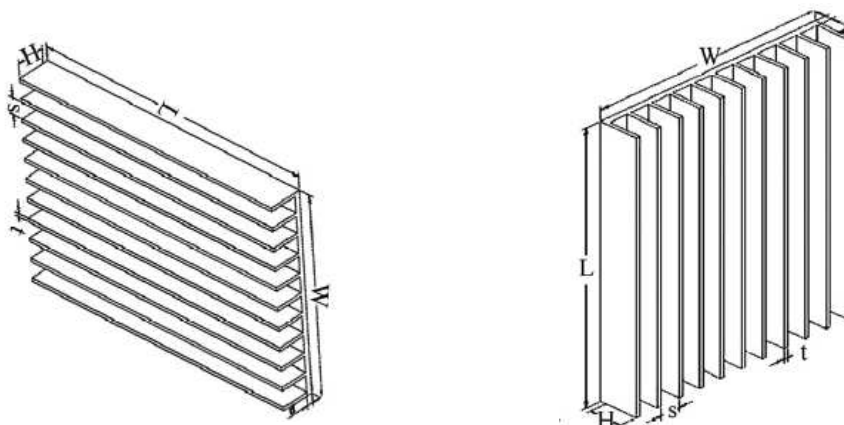


Ilustración 29: Configuración de aletas para enfriamiento natural. Configuración aletas en horizontal (izquierda) y en vertical (derecha)

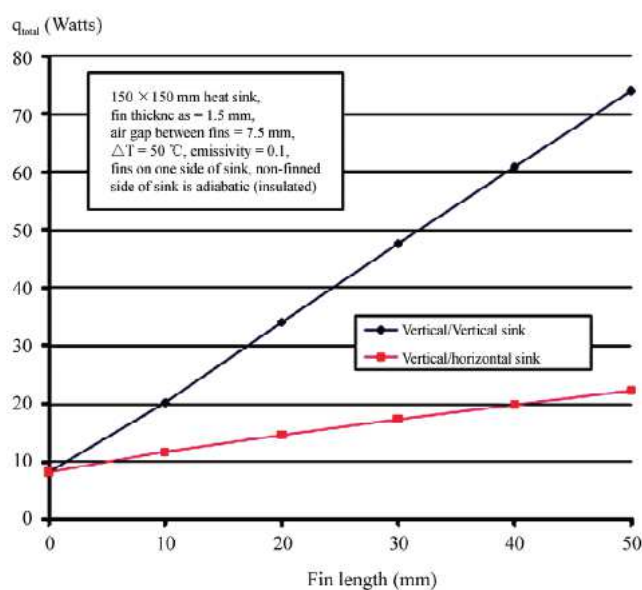


Ilustración 30: Comparación configuración de aletas en vertical y en horizontal

Como vemos en la gráfica ante una misma longitud de aletas, la disipación de calor (en vatios) es más elevada en la configuración vertical que en la horizontal.

A la luz de esto datos se optó por cambiar la orientación de todos los disipadores para fomentar la disipación de mayor cantidad de calor.

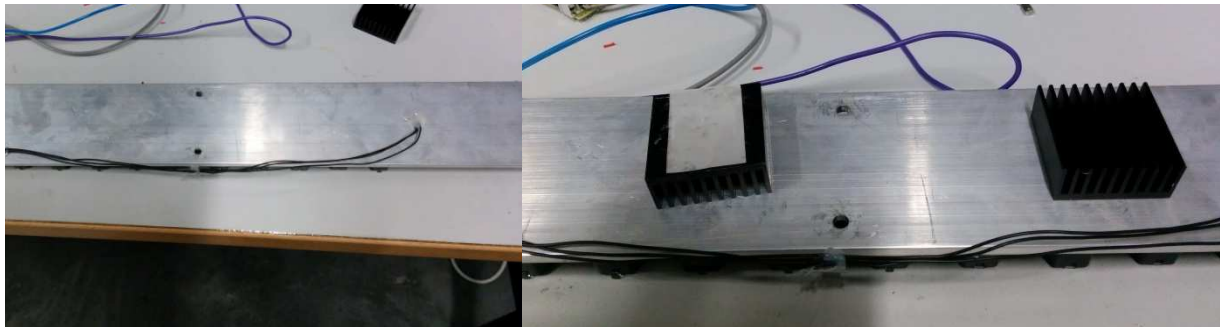


Ilustración 31: Cambio de orientación de los disipadores

Los disipadores se desmontan y se adhieren a las láminas de aluminio con cinta térmica adhesiva, disponible en el laboratorio.

4.2.2 Identificación, placas y cálculos.

Ante la necesidad de organizar e identificar las láminas que tienen los LEDs adheridos e identificar cada una de las tiras de LEDs para facilitar su instalación, cableado y futura programación, se diseña una codificación y etiquetado de las mismas.

Para facilitar la identificación y montaje de los LEDs se diseñan etiquetas para cada lámina y conjunto de 10 LEDs según el tipo de LED así como su posición según la altura a la que se instalan. Como puede observarse, se ha diseñado una etiqueta de codificación que contiene esta información:

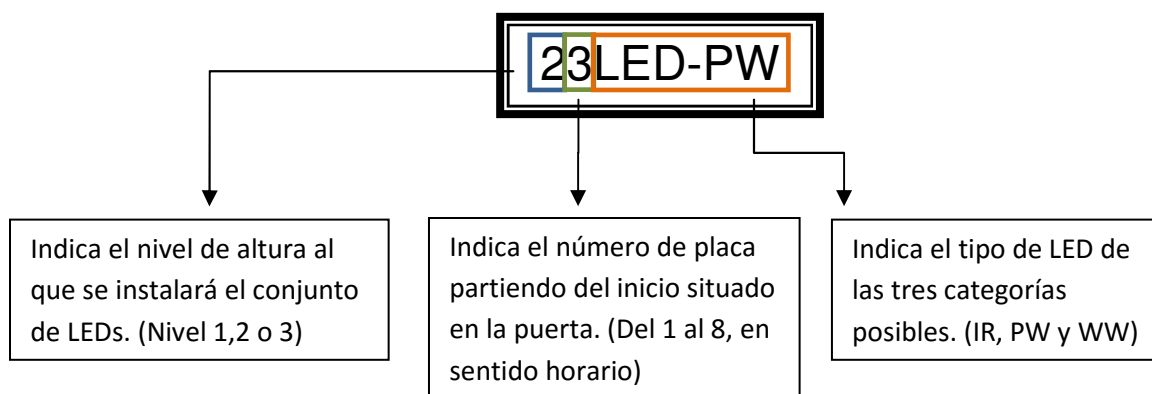




Ilustración 32: Etiquetado de láminas LEDs

Estas etiquetas se adhieren en ambos lados de las láminas, de esta forma se indica la orientación correcta de las láminas ya que estas son simétricas. La orientación es la correcta cuando se pueden leer ambas etiquetas. Adicionalmente, el etiquetado de ambos lados facilita el conexionado por el lado de montaje y la identificación de los LEDs por el otro lado.

Ante los antecedentes de la instalación se decide proceder con un diseño de las placas de control que albergan los drivers. Para el diseño de las placas el elemento más importante es la selección de un nuevo driver.

Los criterios para elegir el nuevo driver vienen determinados por los LEDs que vamos a operar. Los LEDs funcionan a una corriente típica de 350mA, el rango de voltaje varía entre los LEDs. Los IR funcionan con una caída de tensión de 1,5 V por LED, para 10 LEDs por tanto tendríamos 15V. Para los LEDs blanco y cálido la caída de voltaje es de 3,25 V por LED, para 10 por tanto tenemos una caída de tensión de 32,5V. Estos valores quedan resumidos en la Tabla 1.

Caídas de tensión en los LEDs	
	Caída de voltaje LED (V)
LED IR	1,5
LED PW	3,25
LED WW	3,25

Tabla1: Caídas de tensión en los LEDs

Requisitos Driver	
	Valores
I típica	350 mA
Rango de voltaje	15-32,5V

Tabla2: Requisitos para la elección de un nuevo driver

Utilizamos el driver RCD-24-0.35, este driver se ha elegido teniendo en cuenta los requisitos de funcionamiento de la instalación y el control que se deseaba tener de las condiciones fotométricas, márgenes de voltaje de salida, temperatura de operación, facilidad de conexionado, disponibilidad del mercado y coste económico.

Utilizando este driver se ha diseñado una placa de control con un enfoque modular, que permita sustituir los drivers en caso de fallo sin tener que desmontar la instalación. El driver viene en un encapsulado con pines y nuestro driver tiene 6 pines. La función de cada pin viene resumida en la Tabla 3:

	Función
Pin 1	+Vin
Pin 2	Modulado analógico
Pin 3	Modulado PWM
Pin 4	GND
Pin 5	Ánodo
Pin 6	Cátodo

Tabla3: Funciones de los pines del driver RCD-24-0.35

Para la modulación PWM usamos el pin 3 (PWM Dim On/Off) el pin 2 (Analogue Dim) de modulación analógica no lo utilizaremos y se dejará abierto sin conexión.

El esquema de la placa de control, lo podemos ver en la ilustración 33:

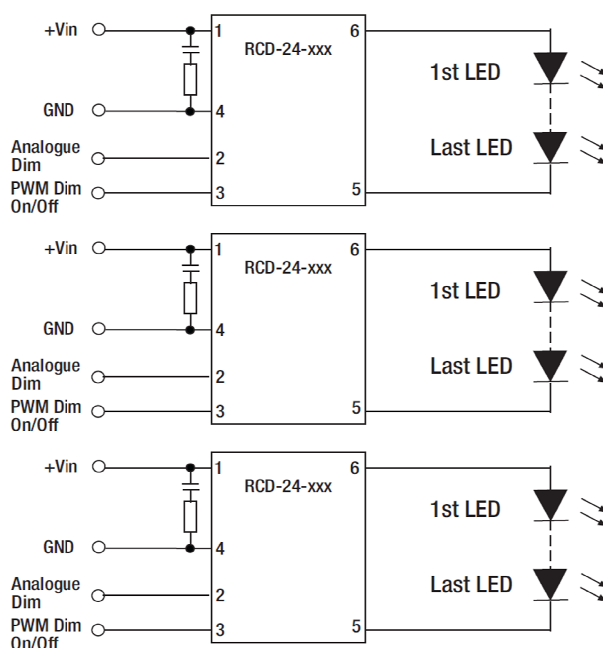


Ilustración 33: Esquema de conexión drivers

Para la construcción de las placas hemos utilizado placas matriz perforadas, estas placas se han recortado para crear varias placas de control. Estas matrices fueron recortadas para su posterior soldado.

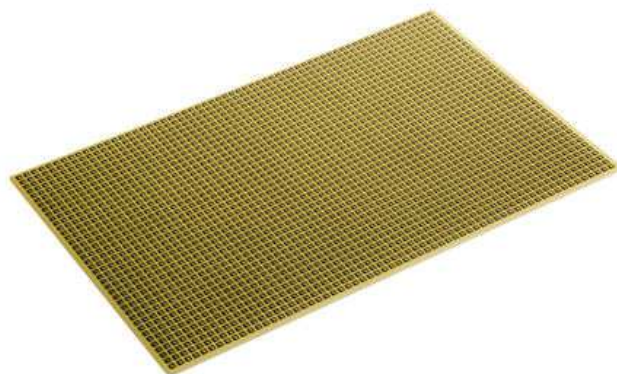


Ilustración 34: Placa matriz perforada

Para el soldado de las placas hemos utilizado la estación de soldadura Aoyue 968. Esta estación dispone de aspiración de humos, función muy útil a la hora de soldar durante largos periodos de tiempo. Adicionalmente durante las tareas de soldado se utilizó medios de protección para evitar la aspiración de gases procedentes de la soldadura.



Ilustración 35: Estación de soldadura marca Aoyue 968

Una vez se construyó la placa de control resultante de la implementación de este diseño se ve reflejado en la ilustración 36:

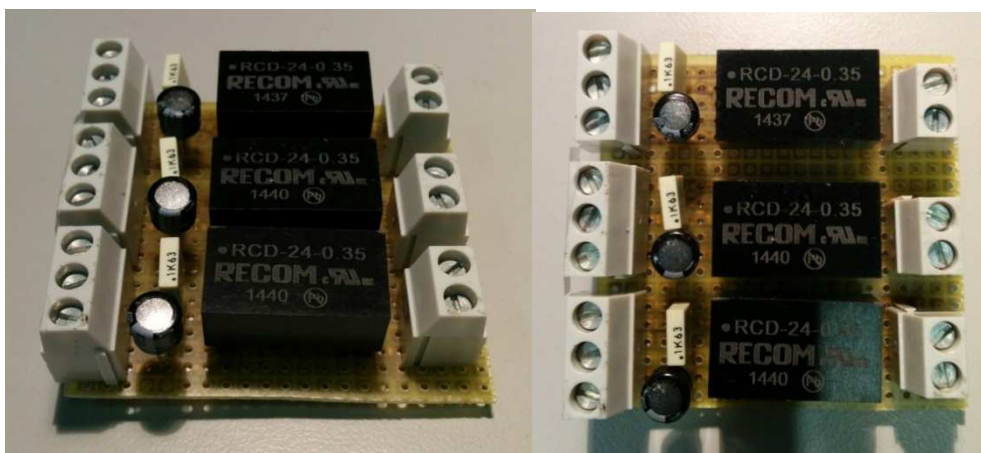


Ilustración 36: Placa de control

En el diseño de la placa se ha añadido un circuito amortiguador “Snnuber” para absorber las sobretensiones de los transitorios, protegiendo de este modo los drivers.

Según recomienda el fabricante la configuración es la mostrada en la ilustración 37:

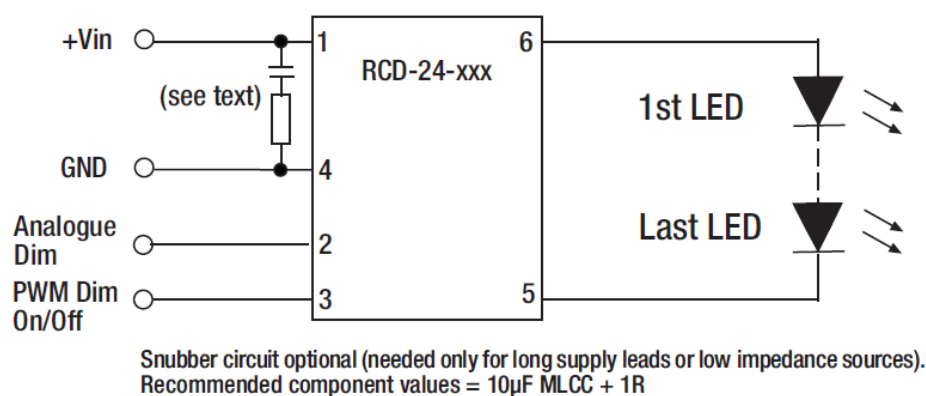


Ilustración 37: Esquema circuito amortiguador

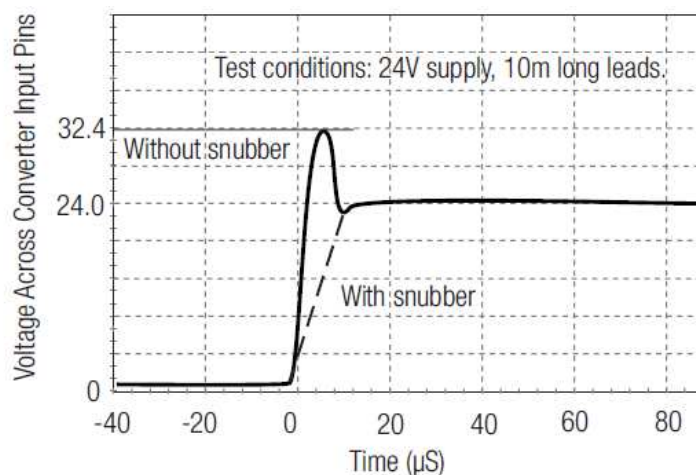


Ilustración 38: Gráfica sobretensión del transitorio

Como se puede ver con largas líneas de alimentación, como es nuestro caso, es recomendable el uso del circuito de amortiguación para evitar el pico de voltaje durante el transitorio. Analizando la ilustración 25, podemos ver el transitorio de alimentación de los drivers, en esta gráfica vemos que con una tensión de alimentación de 24V, la sobretensión puede alcanzar los 32,4V de pico máximo. Teniendo en cuenta estas consideraciones si la tensión normal de funcionamiento del sistema será de 33V, extrapolando estos valores a los de la gráfica del fabricante los picos de sobretensión soportados por el driver pueden llegar a ser de 44,55V.

Specifications (typical at 25°C, nominal input voltage, rated output current unless otherwise specified)

Input Voltage (absolute maximum)	40VDC max	
Recommended Input Voltage	300mA-700mA	5V min. / 24V typ. / 36VDC max
	1000mA-1200mA	6V min. / 24V typ. / 36VDC max

Como podemos ver en la especificación del fabricante, los driver no están diseñados para soportar tensiones de alimentación superiores a 40 V. Por este motivo y con intención de proteger a los driver de sobretensiones se ha incorporado el circuito amortiguador. Los valores utilizados para el condensador son 10μF y la resistencia de 1K63Ω Ohm.

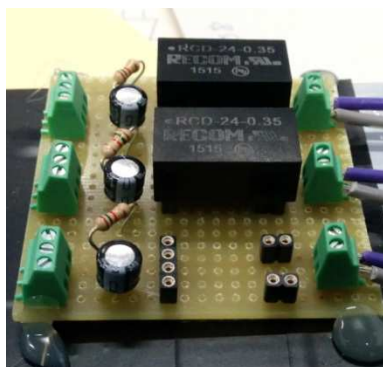


Ilustración 39: Zócalos

Esta placa ha sido diseñada para facilitar el mantenimiento, se han instalado los drivers de control en zócalos, de este modo en caso de mal funcionamiento o avería de alguno de ellos, se puedan sustituir fácilmente. También ha sido instalada y diseñada con carácter modular adherida y conectada de manera independiente, de manera que si en el futuro se decidiera realizar una mejora en el diseño, se pueda sustituir de manera sencilla sin complicados desmontajes, ni riesgos de seguridad.

4.2.3 Montaje de las placas

Se pretende adherir las placas de control en las láminas para facilitar el desmontaje y mantenimiento de las mismas. Para el montaje de las placas de control en cada lámina se pegaron conectores y las etiquetas identificativas, se continuó preparando la zona para fijar la placa de control.

Teniendo en cuenta que las láminas son metálicas se procedió al aislamiento de la zona en la que se va a ubicar la placa de control con cinta aislante color negro de uso general, esto puede observarse en la ilustración 40:

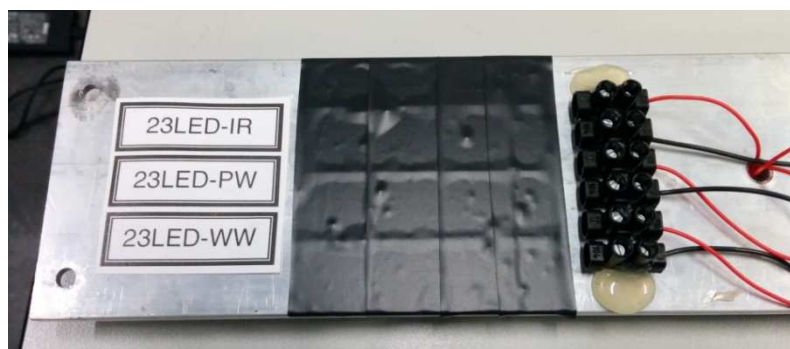


Ilustración 40: Aislamiento de la zona

Se prosiguió con el conexionado de la placa y la fijación de la placa con la pistola termofusible.

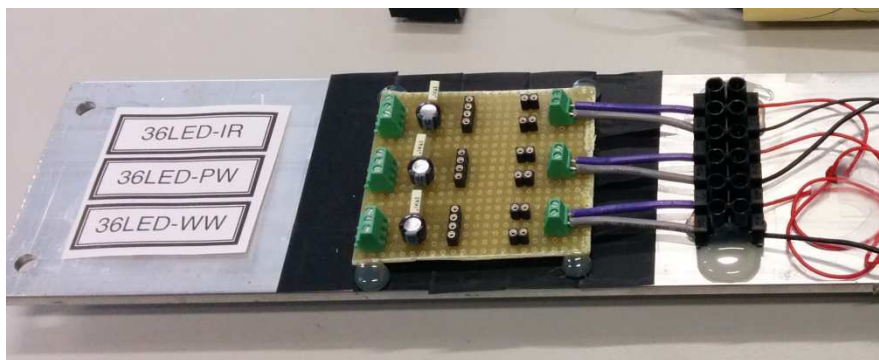


Ilustración 41: Instalación de la placa control

Se continuó con la instalación de los drivers en la placa y el conexionado de los cables. Inicialmente se unen los polos negativos, se prosigue conectando los cables de alimentación y los cables de control.

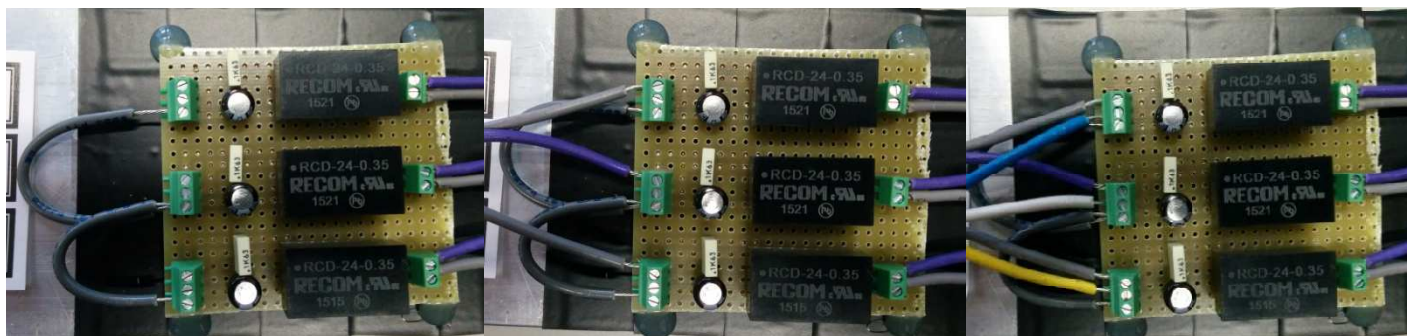


Ilustración 42: Conexionado de la placa de control

Como podemos ver en la ilustración 42, de izquierda a derecha se realizan las conexiones de la placa de control empezando por puentear los polos negativos de la placa, se prosigue con la conexión de los positivos, uno por driver directo a la fuente de alimentación. Por último se conectan los cables de control diferenciados por colores (esta codificación por colores se explica en detalle en el punto 3.4 *Cableado*)

4.2.4 Ensayo del prototipo

Una vez terminado el diseño de la placa de control se realizan varias pruebas para comprobar el funcionamiento de los LEDs variando las señales que tendrá que recibir la placa de control, observando su respuesta ante la variación de la señal de control.

Para ello se desmonta una de las láminas se conecta la placa de control y se alimenta utilizando una fuente de alimentación del laboratorio modelo QL355TP POWER SUPPLY de la marca TTI:

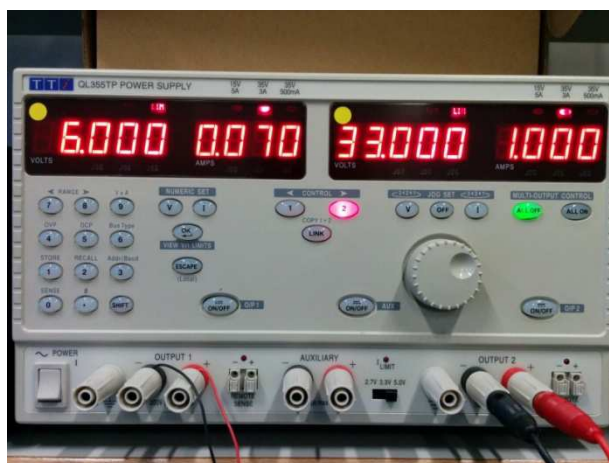


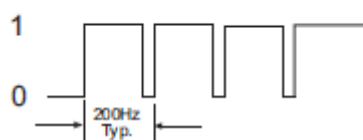
Ilustración 43: Fuente de alimentación QL355TP POWER SUPPLY de la marca TTI

Se procede a conectar los LEDs PW, para comprobar si se iluminan adecuadamente. Para realizar la modulación si utiliza una señal PWM que modulará la potencia de los LEDs, esta señal viene caracterizada por los siguientes criterios según la hoja de características del driver:

PWM Dimming and ON/OFF Control (Leave open if not used - do not tie to +Vin)			
Remote ON/OFF	DC/DC ON	300mA-700mA	Open or $0V < V_r < 0.6V$
Threshold Voltages		1000mA-1200mA	Open or $0V < V_r < 0.8V$
	DC/DC OFF (Standby)	300mA-700mA	$0.6 < V_r < 2.9V$
		1000mA-1200mA	$1.4 < V_r < 2.2V$
	DC/DC OFF (Shutdown)	300mA-700mA	$2.9V < V_r < 6V$
		1000mA-1200mA	$2.2V < V_r < 15V$
Remote Pin Drive Current		$V_r = 5V$	1mA max
Quiescent Input Current in Shutdown Mode		$V_{in} = 36V$	200μA max
Maximum PWM Frequency		For Linear Operation	200Hz max.
		Frequency Limit	1000Hz max.

Digital Dimming

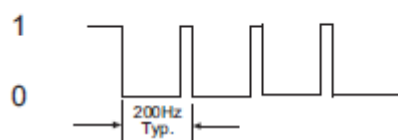
PWM Digital Control Signal



Output Current (LED appears dim)



PWM Digital Control Signal



Output Current (LED appears bright)



El fabricante nos indica que la modulación de los LEDs es inversa a la señal PWM recibida, de tal manera que cuando la señal PWM está el estado alto los LEDs están apagados y cuando se encuentra en estado bajo los LEDs se encienden.

Manteniendo la frecuencia en el valor y una amplitud de la señal, la variación del ciclo útil de la señal PWM controlará la modulación de la potencia de los LEDs.

Para realizar los ensayos usaremos el generador de funciones del laboratorio modelo Waveform Generator WW1071 del fabricante Tabor Electronics:

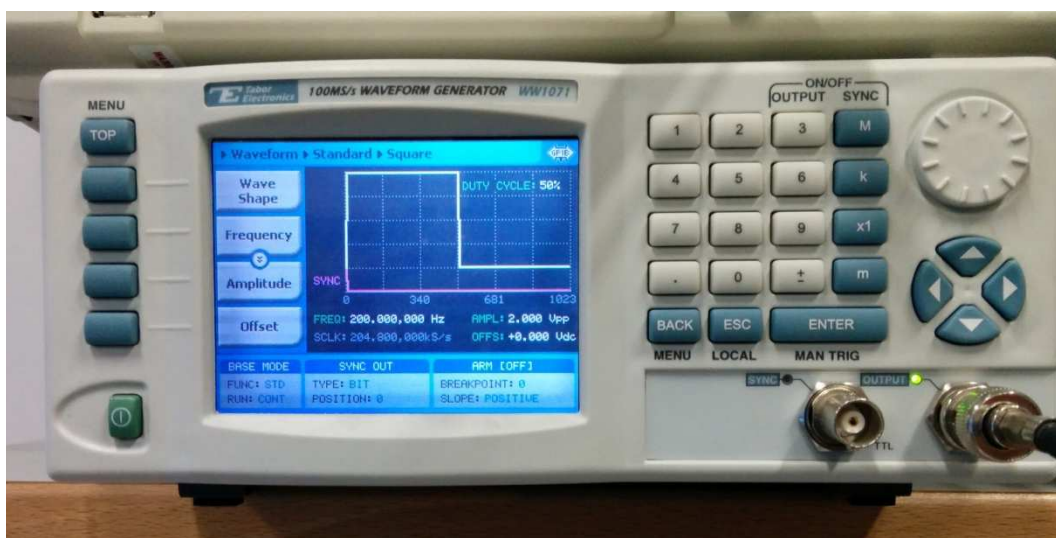


Ilustración 44: Generador de funciones WW1071 de Tabor Electronics

Para modular la señal de control que enviamos a los drivers, modificamos el ciclo de la PWM. Ya que el driver tiene una modulación por paso alto los LEDs estarán apagados a nivel alto, y se encenderán a nivel bajo. Esto implica que al encender los LEDs si la señal de control es cero, los LEDs estarán encendidos a potencia máxima.

Variando el ciclo útil de la señal PWM, modificaremos la potencia de los LEDs. Según los márgenes aportados por el fabricante para la señal de control aplicada es de 2 Vpp y una frecuencia de 200Hz. Tras visualizar que la modulación se realiza de manera correcta, se procede a la conexión de toda la lámina, esto implica los 30 LEDs a la vez.

Utilizamos el osciloscopio DS1102D Digital Oscilloscope de la marca Rigol para visualizar la señal que estamos mandando a los drivers:

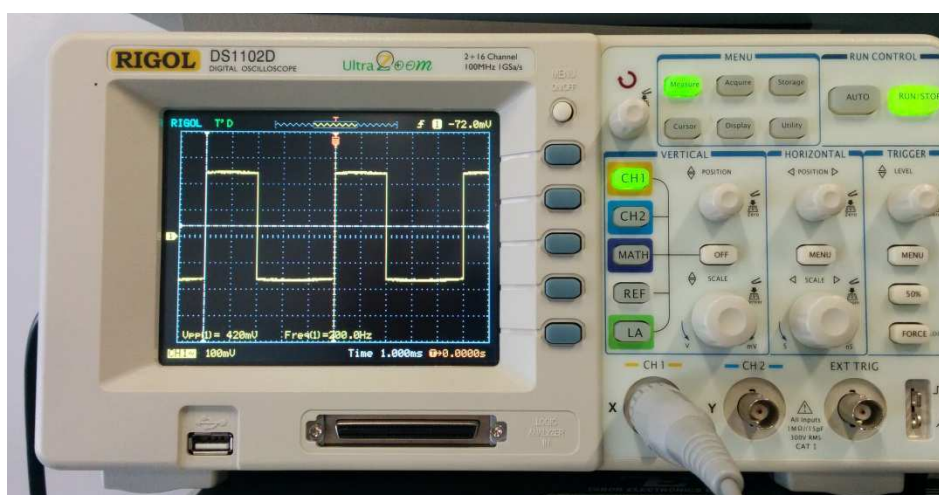


Ilustración 45: Osciloscopio DS1102D Digital Oscilloscope de la marca Rigol

Concluyendo el ensayo se certifica que tanto la placa como el driver funcionan correctamente. Después de este ensayo, se continúa con la fabricación de más placas de control para reevaluar los resultados.

Se construyen 4 placas más, teniendo un total de 5. Con estas láminas se pueden simular 2 de los 3 niveles del sistema, se ensaya por tanto un nivel completo en funcionamiento, concretamente simularemos el nivel 1 ó 2 que están compuestos por 5 láminas cada uno. Se conectaron las 5 láminas, con las placas de control, con alimentación y con el generador de señales.



Ilustración 46: Ensayo de conexión de 5 láminas

Durante esta prueba se realizan varias medidas de voltajes e intensidades, estas medidas se realizan con el objetivo de tabular los consumos de potencia por tipo de LED, por conjunto de 10 LEDs, por lámina de 30 LEDs y por conjunto de 5 láminas de 30 LED cada una.

Con esta adquisición de datos podemos calcular el consumo de potencia teórico frente al real y poder dimensionar la instalación adecuadamente. Para ello se utilizó el polímetro 37XR-A de la marca Amprobe.



Ilustración 47: Polímetro 37XR-A de la marca Amprobe

4.3. Alimentación

Para dimensionar la instalación se han tomado medidas tanto de voltaje como de intensidad de una lámina de 30 LEDs. Estas medidas se han tomado sin aplicar la señal de control de modulación, de esta manera obtenemos la potencia máxima demandada por el sistema, aunque en funcionamiento normal este consumo siempre será menor al calculado por estar modulado.

Cálculo teórico del consumo de potencia por cada lámina de 30 LEDs					
Potencia	Caída de voltaje LED (V)	Caída de voltaje tira 10 LEDs (V)	If (mA)	Potencia LED (W)	Potencia tira 10 LEDs (W)
LED IR	1,5	15	350	0,525	5,25
LED PW	3,25	32,5	350	1,1375	11,375
LED WW	3,25	32,5	350	1,1375	11,375
				Total	28

Tabla4: Cálculos de consumo de potencia de una lámina

Gracias a las medidas se han calculado las necesidades de potencia de la instalación, como vemos resumido en la Tabla5:

	Potencia requerida	Potencia teórica de una fuente
Potencia tira 30 LEDs (W)	28	320
Potencia 540 LEDs (W)	504	

Tabla5: Cálculos de consumo de potencia

Como podemos ver, la instalación requiere un total de 504 W. En el laboratorio se dispone de dos fuentes de alimentación modelo SP-320-36 del fabricante MeanWell de 320 W cada una.



Ilustración 48: Fuente de alimentación SP-320-36 de fabricante MeanWell

Por tanto, se identifica que las necesidades de potencia pueden cubrirse entre las dos fuentes disponibles, darían potencia suficiente para alimentar toda la instalación sin problemas. En este sentido se ha calculado un reparto equitativo de la demanda de potencia entre las dos fuentes, de manera que funcionen con seguridad y sin superar la potencia máxima que son capaces de suministrar.

A continuación se muestran los cálculos de potencia reales y el reparto de potencia se pueden ver resumidos en la Tabla6:

	Potencia real (W)	Potencia consumida por 9 placas (W)	Diferencia (W)	Voltaje (V)	Intensidad (I)
Potencia por fuente	316,8	252	64,8	33	7,64

Tabla6: Cálculos reparto de consumo de potencia

Con ánimo de minimizar en la medida de lo posible el cableado del sistema, se identifican dos posibles soluciones de conexionado. A continuación se explican y se prueban dos configuraciones de cableado para evaluar su eficiencia energética según consumos de potencia.

El conexionado 1, se caracteriza por conectar los LEDs puenteando los conectores de alimentación y tierra, de esta manera nos harían falta dos cables por lámina, uno positivo que se puentearía al resto de LEDs y otro negativo que igualmente se puentearía con los otros LEDs.

El conexionado 2, este conexionado se caracteriza por conectar cada conjunto de 10 LEDs de cada lámina a la fuente de alimentación, siendo necesarios por tanto tres cables de alimentación. Los cables de tierra o negativos se puentean al igual que en conexionado 1. Con esta configuración necesitaremos cuatro cables en total tres para los positivos y uno negativo que será puenteados.

Los resultados de ambas configuraciones son muy similares, identificándose una pequeña diferencia de 165 mW. Extrapolando esta diferencia al resto de la instalación la diferencia de consumos entre ambas configuraciones es la mostrada en la Tabla 7:

	Consumo 1 lámina	Consumo sistema
	Potencia(W)	Potencia(W)
Conexionado 1	28,446	512,028
Conexionado 2	28,281	509,058
Diferencia	0,165	2,97

Tabla7: Cálculos de consumo de potencia según conexionado

Por tanto, a la luz de los resultados anteriores se decidió que la configuración a implementar sería el conexionado 2.

Con esta configuración se inician de nuevo la construcción del resto de placas para las láminas restantes del sistema. Una vez instaladas todas las láminas, y después de la revisión de su funcionamiento individual se comienza el montaje de todas las láminas en su posición. Con las láminas instaladas se prosiguió con el cableado del sistema.

A continuación podemos ver un esquema del conexionado del sistema:

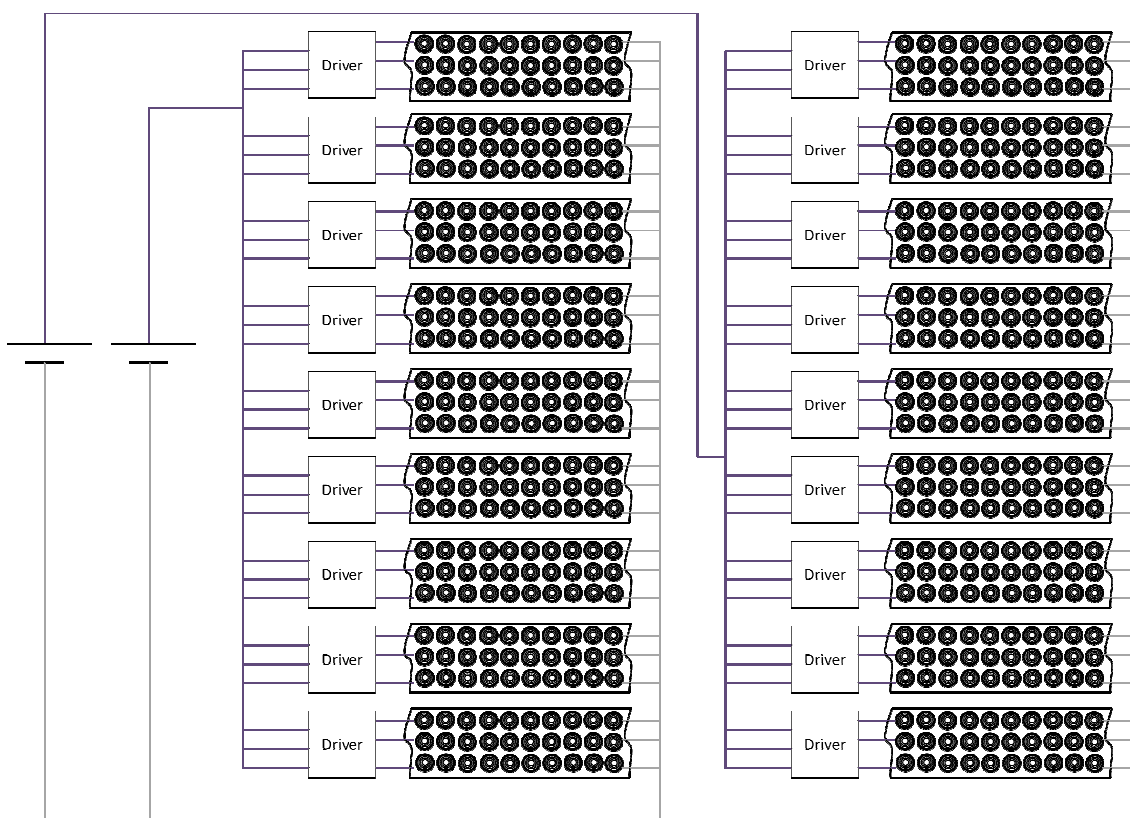


Ilustración 49: Esquema del conexionado del sistema

4.4. Cableado

Se detecta la necesidad de gestionar un gran número de cables en el sistema. Con el objetivo de simplificar lo máximo posible el cableado y organizarlo se han diseñado mazos de cables agrupados según su uso.

Para el cableado se han usado rollos de cable disponibles en el laboratorio, este es el ALPHA WIRE 3071 SL001. Se dispone de unas bobinas de color morado y de otro de color gris.



Ilustración 50: Bobina de cable del fabricante ALPHA WIRE

Se decide utilizar estos colores para identificar y conectar la alimentación, identificando como positivo el color morado y como negativo o neutro el color gris. Según el conexionado escogido será necesario implementar mazos de cables hasta la fuente de alimentación para cada una de las láminas de 30 LEDs.

Siguiendo este criterio, se crean mazos de 3 cables para los terminales positivos de la alimentación. Los mazos de 3 cables se crearon con fijaciones de cinta aislante de uso genérico.



Ilustración 51: Mazo de 3 cables, terminal positivo

Para determinar la longitud de los cables se realizan varias medidas en la estructura para determinar la longitud de cable necesaria dependiendo de la lámina. Estas longitudes vienen resumidas en el Anexo I.

Con esta información se midieron y se agruparon los mazos para cada lámina, extendiendo esta tarea para las 18 láminas que componen el sistema. Debido al gran número de cables y la longitud de estos, la bobina de cable morado no fue suficiente, por lo que se utilizaron mazos de cables combinando el gris con el morado:



Ilustración 52: Mazos de cables de alimentación

En el caso de la alimentación no es necesaria la identificación de cada cable individualmente, ya que la alimentación será la misma para todos los tipos de LEDS. Únicamente identificamos cada mazo, que irá conectado a una lámina determinada.

Para su posterior montaje se etiquetan y almacenan los mazos de cables:



Ilustración 53: Mazos de cables etiquetados

Para el conexionado de los cables se diseñó una placa de alimentación para identificar y ordenar el conexionado de cada lámina:

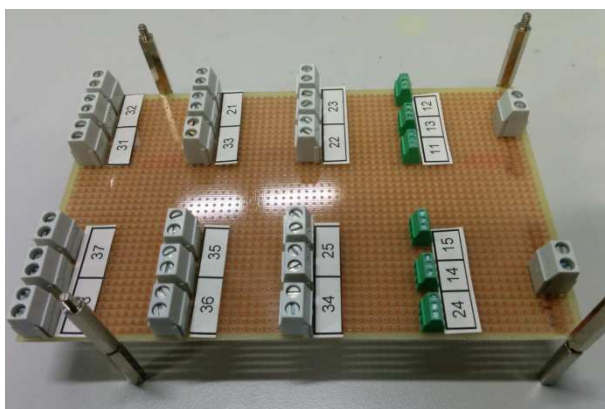


Ilustración 54: Placa de alimentación

La placa está dividida para cada fuente de alimentación, de manera que los cables del lado izquierdo (ilustración 55) son para la fuente 1 y los cables del lado derecho son para la fuente 2.

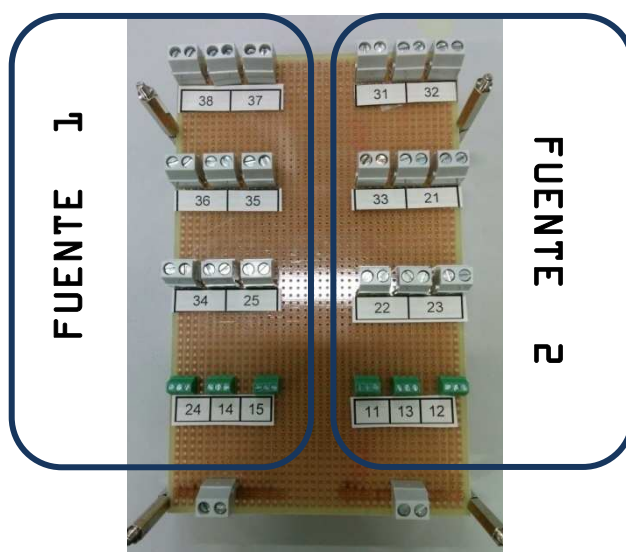


Ilustración 55: Placa de alimentación etiquetada

Con esta placa conectamos todas las láminas y se reparten las necesidades de potencia entre las dos fuentes de alimentación, como podemos ver en la ilustración 56 se muestran todos los cables conectados a la placa y a las fuentes de alimentación.

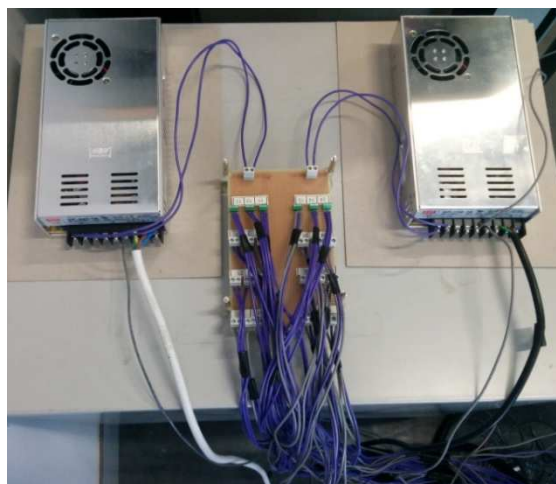


Ilustración 56: conexión de alimentación

Para los cables de control se ha realizado el mismo proceso de creación de mazos que para los cables de alimentación, con una salvedad y es que tenemos que identificar cada cable individualmente, ya que el control se realizará de manera individual por tipo de LED y lámina.

Para la identificación se utilizaron cables de colores para cada cable de control, como podemos ver en la ilustración 57.



Ilustración 57: Cables de colores para la identificación de cables de control

Establecemos el siguiente criterio de colores, los cables se asocian por tipo de LED según la Tabla8:

Tipo de LED	Color
LED-IR	Azul
LED-PW	Blanco
LED-WW	Amarillo

Tabla8: Código de colores para identificación de cables

Según este criterio se crearon mazos de control para cada una de las láminas:

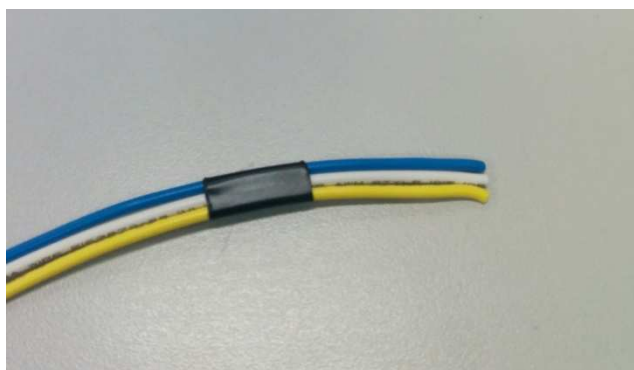


Ilustración 58: Mazo de cables de colores para la identificación de los cables de control

Para el conexionado de los cables de control se han adherido conectores a la mesa del operador para facilitar el conexionado con el microprocesador.

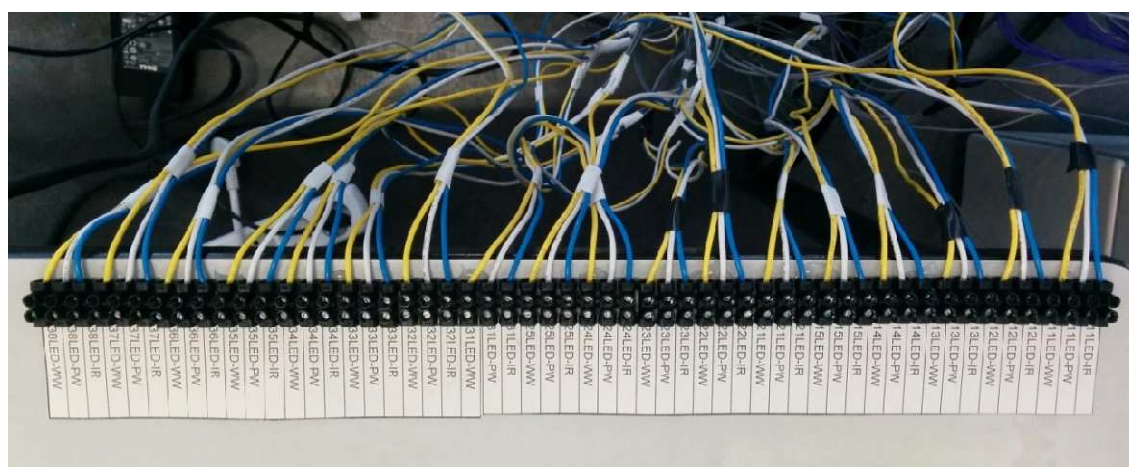
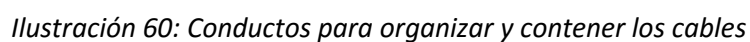


Ilustración 59: Cables de control conectados

Se estima que la longitud total de cable es de 775 m aproximadamente. Debido al gran número de cables se hace necesaria alguna forma de fijarlos a la estructura y de agrupar los mazos. Para esto se ha adquirido unos rollos de conductos corrugados y partidos. El hecho de que se hayan escogido conductos partidos es para facilitar el montaje en la estructura, al estar partido se pueden fijar el conducto a la estructura y posteriormente introducir los mazos en los conductos.



	Láminas
Fuente 1	11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 31, 33
Fuente 2	14, 15, 24, 25, 34, 35, 36, 37, 38

The diagram shows a 3D cube net with eight labeled faces (A-H) and various numbers. Face A is a circle with a cross. Faces B, C, D, E, F, G, and H are rectangles. Numbers are placed on the faces: 11, 21, 31 on B; 12, 22, 32 on C; 13, 23, 33 on D; 14, 24, 34 on E; 15, 25, 35 on F; 16, 26, 36 on G; 17, 27, 37 on H; and 18, 28, 38 on A.

Autor: Pablo Escribano García

En la anterior ilustración se muestra un esquema de la estructura metálica desplegada identificando los tramos con letras, se estableció el punto de origen entre las láminas 31-38 señalizado con un círculo en la ilustración 61.

En la Tabla10 se resumen las estimaciones de longitud de conductos necesarios para albergar todos los cables del sistema:

	Tramos							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Nº lámina	31	32	33	34	35	36	37	38
Nº lámina	21	22	23	24	25			
Nº lámina	11	12	13	14	15			
Nº cables	18	18	18	18	18	6	6	6
Tierra	1	1	1	1	1	1	1	1
Total c LEDs	19	19	19	19	19	7	7	7
Total cables	57	38	19	19	38	45	71	64
Conductos	4	3	2	2	3	3	5	5
Conductos mm	3400	2550	1700	1700	2550	2550	4250	4250
altura estructura	2500	2500	2500	2500	2500			
Total								35450

Tabla10: Resumen de cálculos de longitud de conductos por lámina

Según estas estimaciones se adquirieron 2 rollos de 25 m, se continuó con su montaje a lo largo de la estructura fijándolo temporalmente con cinta aislante. Una vez fijados los conductos se introdujeron los cables en los conductos.

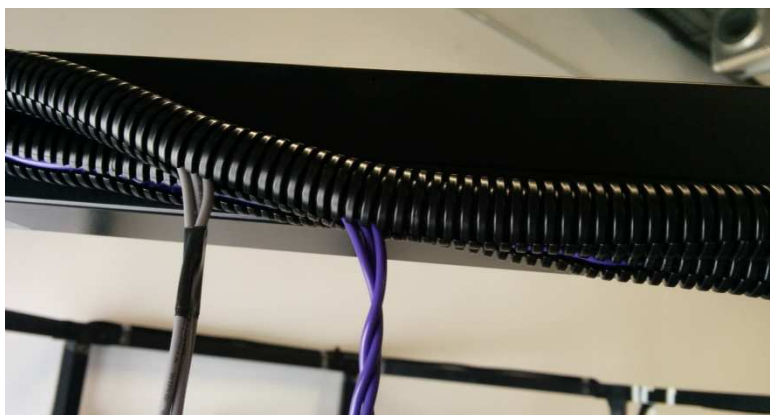


Ilustración 62: Conductos para organizar y contener los cables



En conjunto se obtienen 7 cables por lámina, teniendo 18 láminas nos da un total de 126 cables. Debido al gran número de cables la tarea de montaje requirió más tiempo del planeado, provocando un retraso en posteriores actividades.

5. Prevención de Riesgos y Seguridad

A lo largo de este apartado se enumeran las medidas de seguridad adoptadas para el uso del sistema con seguridad, también se identifican algunos riesgos encontrados y propuestas para mitigarlos.

5.1 Pulsador de emergencia

Para garantizar la seguridad de la instalación y de los usuarios de la misma, se ha instalado en el sistema un pulsador de emergencia CEPY1-1002 de ABB que desconecta el sistema completamente de la alimentación.



Ilustración 63: Pulsador de parada de emergencia. CEPY1-1002 de ABB

Se trata de un pulsador NC (Normalmente Cerrado) en caso de pulsarlo interrumpiremos la alimentación del sistema completo como podemos ver en la ilustración 64.

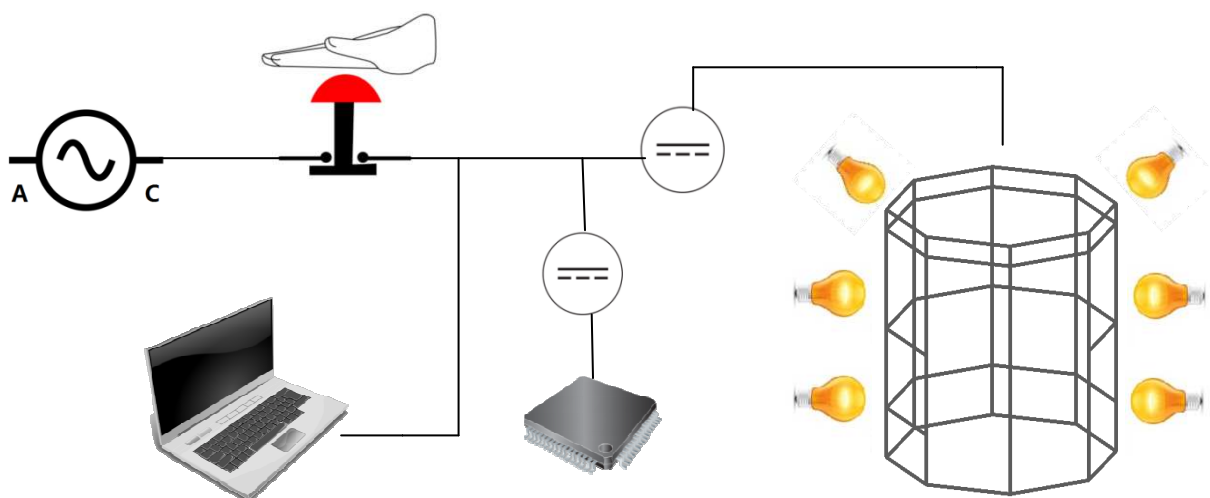


Ilustración 64: Esquema del sistema con pulsador de emergencia

5.2 Diseño cableado y mantenimiento

El cableado se ha conducido por ángulos y rincones donde no hay riesgo de enganche o interferencia con el usuario que pueda provocar una desconexión involuntaria y por tanto un riesgo de descarga eléctrica o daños a la integridad del sistema.

Los conductos contienen todo el cableado del sistema entre los puntos de conexión, de esta manera se limita el contacto con los cables evitando riesgos de descargas eléctricas durante el uso y tareas de mantenimiento.

Para las tareas de mantenimiento se ha diseñado el sistema de forma que no haya que modificar el cableado instalado, simplemente desconectar los elementos dañados o a reparar.

En el caso de un futuro rediseño, el cableado instalado siempre podrá reutilizarse.

5.3 Filtraciones

Durante la realización de este proyecto se han detectado filtraciones de agua en los días lluviosos dentro de las instalaciones del laboratorio y concretamente alrededor y dentro de la zona donde está ubicada la instalación del sistema de iluminación LED, como podemos apreciar en la ilustración 65:



Ilustración 65: Filtraciones de agua en el laboratorio

Se recomienda encarecidamente revisar el aislamiento del laboratorio para prevenir posibles accidentes. El sistema objeto de este proyecto es un sistema eléctrico, y por tanto debe aislarse de la humedad y de líquidos ya que no está diseñado ni aislado contra líquidos. Aunque los cables se encuentran elevados del nivel de suelo y fijados a la instalación, también existe el riesgo de resbalamiento y caída.

5.4 Radiación producida por los LEDs

La radiación infrarroja no es perceptible por el ojo humano ya que se encuentra en la parte del espectro electromagnético no visible (Ilustración 67). Para comprobar el funcionamiento de estos LEDs se usó la cámara de un smartphone para poder ver esta radiación como podemos observar en la ilustración 66.

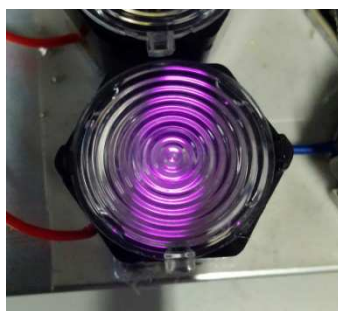


Ilustración 66: LED infrarrojo encendido

El principal problema que plantean los LED que emiten luz blanca radica en su alto contenido de radiaciones en la banda del azul, que son dañinas para los ojos, tal y como se recoge en el estudio “Daño ocular causado por dispositivos LED” [13].

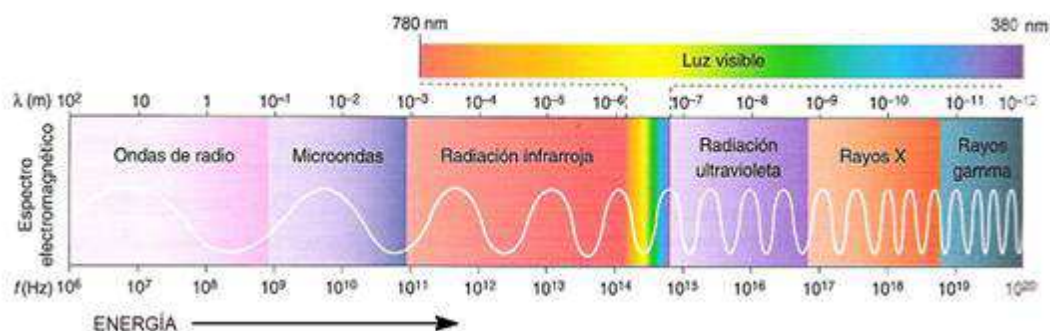


Ilustración 67: Espectro electromagnético [23]

Según esta investigación, la exposición a luz LED durante ciclos de luz/oscuridad (12 horas/12 horas), sobre todo las bandas de luz de menores longitudes de onda, produce daños en células del epitelio pigmentario de la retina.

Según otros autores, un LED azul con una intensidad superior a 15 W pertenece al grupo de riesgo 3, en función de la clasificación establecida en la norma “UNE--EN 62471:2009. Seguridad fotobiológica de lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas” y si la intensidad de la luz es 0,07 W pertenece al grupo 1. Mientras, las fuentes de iluminación LED de uso cotidiano para público general están clasificadas como grupo de riesgo 2 (las fuentes de iluminación convencionales pertenecen al grupo 0 o 1).

LONGITUD DE ONDA	ÓRGANO	RIESGO	TIEMPO	ÁNGULO EXPOSICIÓN	VALOR LÍMITE SUBTENDIDO	UNIDADES
180 - 400 nm UV	PIEL OJOS	Eritemas/Cáncer piel Queratitis/Conjuntivitis	8 horas	—	$H_8 = 30$	J/m ²
315- 400 nm UVA	OJOS	Cataratas	8 horas	—	$H = 10^4$	J/m ²
300 – 700 nm UVA – VISIBLE	OJOS	Retinitis	$t \leq 10^4$ s	$\alpha \geq 11$ mrad	$L_R = 10^6/t$	W/m ² sr
				$\alpha < 11$ mrad	$L_R = 100$	
			$t > 10^4$ s	$\alpha \geq 11$ mrad	$E_R = 100/t$	W/m ²
				$\alpha < 11$ mrad	$E_R = 0,01$	
380 – 1400 nm UVA – VISIBLE – IRA	OJOS	Quemadura retina	$t > 10$ s	$C = 1,7$ si $\alpha \leq 1,7$ mrad $C = \alpha$ si $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C = 100$ si $\alpha > 100$ mrad	$L_R = 2,8 \cdot 10^7/C$	W/m ² sr
			$10^{-6} \leq t \leq 10$ s		$L_R = 5 \cdot 10^7/C t^{0,25}$	
780 – 1400 nm IRA	OJOS	Quemadura retina	$t > 10$ s	$C = 11$ si $\alpha \leq 11$ mrad $C = \alpha$ si $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C = 100$ si $\alpha > 100$ mrad	$L_R = 6 \cdot 10^6/C$	W/m ² sr
			$10^{-6} \leq t \leq 10$ s		$L_R = 5 \cdot 10^7/C t^{0,25}$	
780 – 3000 nm IR	OJOS	Quemadura córnea Cataratas	$t \leq 10^3$ s	—	$E = 18 \cdot 10^3 t^{0,75}$	W/m ²
			$t > 10^3$ s		$E = 100$	
380 – 3000 nm UVA – VISIBLE – IR	PIEL	Quemaduras piel	$t < 10$ s	—	$H = 20 \cdot 10^3 t^{0,75}$	J/m ²

Ilustración 68: Daños por radiación en las personas [22]

Las potencias de los LEDS del sistema no superan los márgenes establecidos en la tabla anterior. Aun así en el centro de la estructura hay una gran luminosidad si todos los LEDs están encendidos.

Aunque no suponen ningún peligro para la salud, no se recomienda la exposición durante largos periodos de tiempo a una fuente de luz intensa como la que pueden producir los LEDS de alta potencia utilizados en el sistema.

6. Resultados, Conclusiones y Mejoras

En este capítulo se revisarán y analizarán los resultados del proyecto, comprobando el estado final del sistema. Proseguiremos con un análisis de conclusiones y posibles mejoras recomendadas. Terminaremos con posibles aplicaciones futuras del sistema.

6.1 Resultados

Tras finalizar el proyecto se procedió a analizar los resultados obtenidos. Se comprobó que el sistema se encuentra en funcionamiento realizando varias pruebas de diagnóstico.

Estas pruebas consistían en el encendido selectivo de las láminas, aumentando su número y analizando posibles fallos de conexión en el sistema.

6.1.1 Encendido

Después del montaje final, se realizó una prueba de encendido de los LEDs comprobando correcto funcionamiento del sistema completo.



Ilustración 69: Sistema en funcionamiento

Como se puede apreciar en la ilustración 69 todos los LEDs se encienden correctamente sin aplicar señal de control.

6.1.2 Modulación

Se continuó con una simulación de la modulación del sistema. Se conectó el sistema completo al generador de funciones para simular la señal de control PWM, que se envía a todos los LEDs. Se comprueba que se produce una regulación completa de todos los LEDs al variar el ciclo de trabajo de la señal PWM.

6.1.3 Desviaciones del funcionamiento

Durante las pruebas de modulación se detectó que una de las láminas conectadas no correspondía a la etiqueta de conexionado en la mesa del operador, se procedió al conexionado correcto de esta lámina a la mesa del operador, se determinó que el fallo estaba causado por un error humano.

Una vez subsanados las desviaciones del correcto funcionamiento, se finalizan las pruebas de funcionamiento. Estas pruebas nos ayudaron a determinar que el funcionamiento del sistema es correcto.

El calentamiento de los LEDs en algunos casos causó el desprendimiento de los encapsulados adheridos con el pegamento termofusible cuando estos alcanzaron una temperatura de funcionamiento normal, se procedió a su reparación adhiriéndolos de nuevo.

6.2 Conclusiones

Se concluye por tanto que el sistema diseñado cumple los requisitos de funcionamiento establecidos. De esta manera la instalación queda actualizada con el nuevo sistema electrónico de control y regulación de condiciones fotométricas.

El hecho de realizar un prototipo de la instalación a pequeña escala, permitió dimensionar el resto de la instalación sin correr riesgo de dañar alguno de sus componentes.

El análisis de las mediciones y los cálculos de consumo de potencias consiguieron alimentar el sistema con el mínimo necesario de fuentes de alimentación.

Se ha realizado el diseño de las placas de control, el cableado, instalado y montado el cableado. Es importante mencionar el tiempo consumido por las tareas debido al gran número de componentes que constituyen el sistema.

Se ha cuidado especialmente la gestión del cableado evitando cables colgando o a la vista a lo largo de la instalación, gracias a los conductos para albergar los cables todo el cableado se ha podido fijar a la estructura sin problemas.

Debido a la duración del proyecto y el tiempo empleado en las tareas antes mencionadas no ha sido posible concluir el sistema de control mediante un microprocesador, conectando el mismo a un portátil que se usaría para programar el microprocesador que enviaría las señales de control a los LEDs.

6.3 Mejoras

A continuación se resumen una serie de posibles sugerencias de mejoras a implementar en el sistema diseñado:

- Como posible mejora se propone el diseño de las placas del sistema en PCB. Así se mejoraría el diseño actual haciéndolo más compacto y evitando posibles errores de conexión o soldadura.
- Introducción del cableado en el interior de la estructura, para evitar que el cableado quede a la vista rodeando la estructura.
- Entre las mejoras podemos incluir la revisión del aislamiento del laboratorio contra filtraciones de lluvia. Como se ha expuesto anteriormente se han encontrado filtraciones de agua durante los días de lluvia intensa que provocan la inundación de parte de la zona en la que está instalada la estructura y el sistema objeto del proyecto.

6.4 Aplicaciones futuras

La principal aplicación del sistema es para realizar ensayos de reconocimiento biométrico, facial o similar, pero a continuación se enumeran otras posibles aplicaciones futuras.

Como posibles aplicaciones futuras se propone el uso del sistema en el mundo de la fotografía donde las condiciones de luz son muy importantes y determinantes.

Como posible ejemplo podría utilizarse en la calibración del software de una cámara de Smartphone.

Otra aplicación podría ser la de utilizar el entorno de iluminación controlada en aplicaciones de realidad virtual o realidad aumentada.

Adicionalmente a lo anterior expuesto siempre se puede utilizar para el estudio de los efectos de la radiación LED en diferentes materiales o incluso en personas, con las medidas de seguridad adecuadas. También podríamos usar el sistema para ensayos de filtros de radiación LED.

7. Presupuesto

1.- Autor: Pablo Escribano García

2.- Departamento: Tecnología Electrónica

3.- Descripción del Proyecto:

- Titulo: Sistema electrónico de control y regulación de condiciones fotométricas
- Duración (7 meses)
- Tasa de costes Indirectos: 20%

5.- Desglose presupuestario (costes directos)

PERSONAL

Apellidos y nombre	N.I.F.	Categoría	Dedicación (hombres mes) ^{a)}	Coste hombre mes	Coste (Euro)
Escribano García, Pablo		Ingeniero	8,8	2.694,39	23710,63
Hombres mes			61,6	Total	165974,42

EQUIPOS

Descripción	Coste (Euro)	% Uso dedicado proyecto	Dedicación (meses)	Periodo de depreciación	Coste imputable ^{d)}
Generador de funciones	720	100	7	60	8400,00
Osciloscopio	2282	100	7	60	26623,33
Soldador		100	7	60	1516,67
Ordenador portátil	899	100	7	60	10488,33
Polímetro	261	100	7	60	3045,00
Fuente de alimentación laboratorio	1275	100	7	60	14875,00
Fuente de alimentación LED (x2)	222	100	7	60	2590,00
Conductos(x2)	33,8	100	7	60	394,33
Drivers RCD-24-0.35(x59)	566,4	100	7	60	6608,00
Cable(x1rollo)	33,8	100	7	60	394,33
Condensador de 10µF (x45)	5,85	100	7	60	68,25
Botón de emergencia ABB CEPY1-1002	25,76	100	7	60	300,53
Terminal de rosca 2 vías (x40)	24,24	100	7	60	282,80
Terminal de rosca 3 vías (x40)	40,96	100	7	60	477,87
Placa de matriz (x7)	90,72	100	7	60	1058,40
Cable (x1 rollo 304,8 m)	85,35	100	7	60	995,75
Total					78,118,60

^{d)} Fórmula de cálculo de la Amortización:

$$\frac{A}{B} \times C \times D$$

A = nº de meses desde la fecha de facturación en que el equipo es utilizado

B = periodo de depreciación (60 meses)

C = coste del equipo (sin IVA)

D = % del uso que se dedica al proyecto (habitualmente 100%)

6.- Resumen de costes

Presupuesto Costes Totales	Presupuesto Costes Totales
Personal	165974,42
Amortización	78,118,60
Costes Indirectos	33194,88
Total	199169,30

El presupuesto de ejecución del proyecto asciende a la cantidad de:

CIENTO NOVENTA Y NUEVE MIL CIENTO SESENTA Y NUEVE CON TREINTA EUROS

8. Bibliografía

- [1] ISO/IEC JTC 1/SC 37, "Information Technology - Vocabulary - Part 37: Biometrics." 2015.
- [2] Blanco-Gonzalo, R. UC3M/GUTI, "Usability in biometric recognitions systems", 2015.
- [3] Iluminación con tecnología LED, Jorge Fraile Vilarrasa; Alfonso Gago Calderón. Ediciones Paraninfo, S.A
- [4] Norma UNE-EN 171:2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
- [5] Seoul Semiconductors, "Life Time Graph of Z-Power LED", 2008. [Online].
http://www.seoulsemicon.com/_upload/Goods_Spec/2012101222517.pdf
Acceso : 02-03-2016
- [6] http://www.roithner-laser.com/led_highsingle_hexagonal.html
Acceso : 12-04-2016
- [7] <http://iluminacionleds.info/historia-del-led>
Acceso : 05-06-2016
- [8] <http://www.edisontechcenter.org/LED.html>
Acceso : 13-06-2016
- [9] <http://www.led-lamps.net.au/led-basics/benefits-of-led-lighting>
Acceso : 13-06-2016

- [10] <http://www.ledsmagazine.com/articles/2005/01/benefits-and-drawbacks-of-leds.html>.
Acceso : 13-06-2016
- [11] <http://www.ledbenchmark.com/faq/LED-Pros-Cons.html>
Acceso : 13-06-2016
- [12] <http://dle.rae.es/?id=N3aTKdm>
Acceso : 14-06-2016
- [13] CHAMORRO, E.; BONNIN, C.; LOBATO-RINCÓN, L.L.; NAVARRO-VALLS, J.J.; RAMÍREZ-MERCADO, G.; NAVARRO-BLANCO, C.; SÁNCHEZ-RAMOS, C. “Daño ocular causado por dispositivos LED”. En: Seguridad y Medio Ambiente. Año 32 nº 128 Cuarto trimestre 2012. Fundación MAPFRE. Disponible en:
<http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n128/es/articulo3.html>
Acceso : 10-06-2016
- [14] “UNE--EN 62471:2009. Seguridad fotobiológica de lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas”
- [15] «Ventajas de la tecnología LED en estudios realizados», artículo en el sitio web Kokoh Investigación del 2 de febrero de 2010; consultado el 2 de febrero de 2010.
<http://web.archive.org/web/20150610194949/http://www.kokohinvestigacion.com/tecnologia.php>
Acceso: 15-06-2016
- [16] <http://www.siled.com.mx/catalogos/potencia/files/leds%20de%20potencia.pdf>
Acceso: 15-06-2016

- [17] http://www.asifunciona.com/fisica/af_leds/af_leds_3.htm
Acceso: 15-06-2016
- [18] <http://jorgebermejogutierrez.blogspot.com.es/2012/10/representacion-diodo-led-viernes-26-oct.html>
Acceso: 15-06-2016
- [19] http://www.overclass.es/fotobioestimulacion/?__store=default
Acceso: 15-06-2016
- [20] <http://www1.uwe.ac.uk/et/mvl/projects/facerecognition.aspx>
Acceso: 25-06-2016
- [21] "Heat Transfer by Natural Convection from a Vertical and Horizontal Surfaces Using Vertical Fins" de H.R Goshayenshi y F. Ampofo
<http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=934>
- [22] <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/755.pdf>
- [23] <http://www.foro-minerales.com/forum/viewtopic.php?t=9955>
- [24] <http://www.marktechopto.com/the-history-of-leds-and-led-technology.cfm>

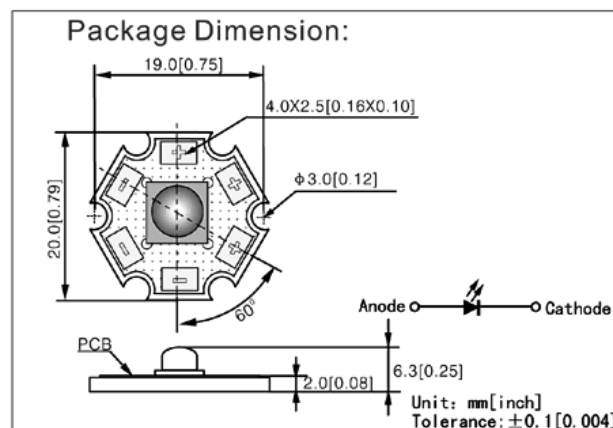
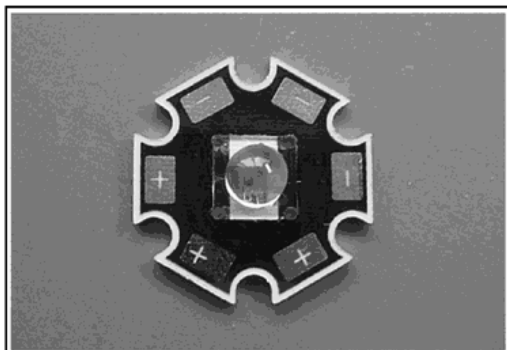


Anexos

<i>Anexo A- H11A1-H850-120 Hexagon High Power LED.....</i>	<i>72</i>
<i>Anexo B- Z-Power LED, Pure White W42182.....</i>	<i>73</i>
<i>Anexo C- Z-Power LED, Warm White N42182.....</i>	<i>74</i>
<i>Anexo D-320W Single Output with PFC Function.....</i>	<i>75</i>
<i>Anexo E-Controlador de LED IC Recom RCD-24-0.35</i>	<i>76</i>
<i>Anexo F- ALPHA WIRE 3071 SL001</i>	<i>77</i>
<i>Anexo G- Botón de emergencia ABB CEPY1-1002.....</i>	<i>78</i>
<i>Anexo H- Etiquetas láminas LED</i>	<i>79</i>
<i>Anexo I- Longitud del cableado.....</i>	<i>81</i>
<i>AnexoJ- Resumen del estado del sistema.....</i>	<i>83</i>

Anexo A-H11A1-H850-120 Hexagon High Power LED

Hexagon High Power LED



Part Number	Chip Material	Emitting Color	Lens Type	Forward Voltage V _F (V)		Dominant Wavelength λ _D (nm)		Luminous Flux (lm)	Reverse Current I _R (μ A) AT V _R =5V	Viewing Angle 2 θ 1/2 (°)	
				Working Current:I _F =350mA							
				Min.	Max.	Min.	Max.	Typ.			
H11A1-HW-30(-S)	InGaN	White(Warm White)	Water Clear	3.2	4.0	— —	— —	16	<100	30	
H11A1-HW-60(-S)	InGaN	White(Warm White)	Water Clear	3.2	4.0	— —	— —		<100	60	
H11A1-HW-120(-S)	InGaN	White(Warm White)	Water Clear	3.2	4.0	— —	— —		<100	120	
H11A1-HB-30	InGaN	Blue	Water Clear	3.2	4.0	460	470	4.5	<100	30	
H11A1-HB-60	InGaN	Blue	Water Clear	3.2	4.0	460	470		<100	60	
H11A1-HB-120	InGaN	Blue	Water Clear	3.2	4.0	460	470		<100	120	
H11A1-HC-30	InGaN	BlueGreen	Water Clear	3.2	4.0	500	510	10	<100	30	
H11A1-HC-60	InGaN	BlueGreen	Water Clear	3.2	4.0	500	510		<100	60	
H11A1-HC-120	InGaN	BlueGreen	Water Clear	3.2	4.0	500	510		<100	120	
H11A1-HG-30	InGaN	PureGreen	Water Clear	3.2	4.0	515	525	10	<100	30	
H11A1-HG-60	InGaN	PureGreen	Water Clear	3.2	4.0	515	525		<100	60	
H11A1-HG-120	InGaN	PureGreen	Water Clear	3.2	4.0	515	525		<100	120	
H11A1-HY-30	AlGaInP	Yellow	Water Clear	2.0	2.8	585	595	10	<100	30	
H11A1-HY-60	AlGaInP	Yellow	Water Clear	2.0	2.8	585	595		<100	60	
H11A1-HY-120	AlGaInP	Yellow	Water Clear	2.0	2.8	585	595		<100	120	
H11A1-HR-30	AlGaInP	Red	Water Clear	2.0	2.8	625	635	8	<100	30	
H11A1-HR-60	AlGaInP	Red	Water Clear	2.0	2.8	625	635		<100	60	
H11A1-HR-120	AlGaInP	Red	Water Clear	2.0	2.8	625	635		<100	120	
H11A1-H850-30	AlGaAs	Infrared	Water Clear	1.5	2.5	845	855	65(mw)	<100	30	
H11A1-H850-60	AlGaAs	Infrared	Water Clear	1.5	2.5	845	855	45(mw)	<100	60	
H11A1-H850-120	AlGaAs	Infrared	Water Clear	1.5	2.5	845	855	30(mw)	<100	120	
H11A1-H880-30	AlGaAs	Infrared	Water Clear	1.5	2.5	875	885	65(mw)	<100	30	
H11A1-H880-60	AlGaAs	Infrared	Water Clear	1.5	2.5	875	885	45(mw)	<100	60	
H11A1-H880-120	AlGaAs	Infrared	Water Clear	1.5	2.5	875	885	30(mw)	<100	120	
H11A1-H940-30	AlGaAs	Infrared	Water Clear	1.5	2.5	935	945	65(mw)	<100	30	
H11A1-H940-60	AlGaAs	Infrared	Water Clear	1.5	2.5	935	945	45(mw)	<100	60	
H11A1-H940-120	AlGaAs	Infrared	Water Clear	1.5	2.5	935	945	30(mw)	<100	120	

ROITHNER LASERTECHNIK, 1040 Vienna, Austria, Tel. +43 1 586 52 43-0, Fax: +43 1 586 52 43 - 44
office@roithner-laser.com, www.roithner-laser.com

Anexo B- Z-Power LED, Pure White W42182


SEOUL SEMICONDUCTOR

Characteristics for Z-Power LED

1. Pure White (W42182)

1-1 Electro-Optical characteristics at $I_F=350\text{mA}$, $T_A=25^\circ\text{C}$

Parameter		Symbol	Value			Unit
			Min	Typ	Max	
Luminous Flux [1]	T rank	Φ_V [2]	70	80	91	lm
	U rank	Φ_V [2]	91	100	-	lm
Correlated Color Temperature [3]		CCT	-	6300	-	K
CRI		R_a	-	70	-	-
Forward Voltage [4]		V_F	2.9	3.25	4	V
View Angle		$2\theta_{1/2}$	120			deg.
Thermal resistance [5]		$R\theta_{J-B}$	8.5			$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal resistance [6]		$R\theta_{J-C}$	6.9			$^\circ\text{C}/\text{W}$

1-2 Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Forward Current	I_F	1000 (@ $T_j = 90^\circ\text{C}$) [7]	mA
		1800 (@ 1KHz, 1/10 duty)	
Power Dissipation	P_d	4	W
Junction Temperature	T_j	145 (@ $I_F \leq 700\text{mA}$)	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{opr}	$-40 \sim +85$	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	T_{stg}	$-40 \sim +100$	$^\circ\text{C}$
ESD Sensitivity [8]	-	$\pm 10,000\text{V HBM}$	-

*Notes :

- [1] SSC maintains a tolerance of $\pm 10\%$ on flux and power measurements.
- [2] Φ_V is the total luminous flux output as measured with an integrated sphere.
- [3] Correlated Color Temperature is derived from the CIE 1931 Chromaticity diagram. CCT $\pm 5\%$ tester tolerance.
- [4] A tolerance of $\pm 0.06\text{V}$ on forward voltage measurements
- [5], [6] $R\theta_{J-B}$ is measured with a SSC metal core pcb. ($25^\circ\text{C} \leq T_j \leq 110^\circ\text{C}$)
 $R\theta_{J-C}$ is measured with only emitter. ($25^\circ\text{C} \leq T_j \leq 110^\circ\text{C}$)
Break voltage of Metal PCB is 6.5kVAC.
- [7] I_F Max is guaranteed under the $T_j \leq 90^\circ\text{C}$.
- [8] It is included the zener chip to protect the product from ESD.

-----Caution-----

- 1. Please do not drive at rated current more than 5 sec. without proper heat sink.

Rev. 02

FEBRUARY. 2013

www.ZLED.com

Anexo C- Z-Power LED, Warm White N42182



Characteristics for Z-Power LED

2. Warm White (N42182)

2-1 Electro-Optical characteristics at $I_F = 350\text{mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Value			Unit
		Min	Typ	Max	
Luminous Flux ^[1]	Φ_V ^[2]	-	53	-	lm
Correlated Color Temperature ^[3]	CCT	-	3000	-	K
CRI	R_a	-	93	-	-
Forward Voltage ^[4]	V_F	2.9	3.25	4	V
View Angle	2θ 1/2	124			deg.
Thermal resistance ^[5]	$R\theta_{J-B}$	8.5			$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal resistance ^[6]	$R\theta_{J-C}$	6.9			$^\circ\text{C}/\text{W}$

2-2 Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Forward Current	I_F	800	mA
Power Dissipation	P_d	3.2	W
Junction Temperature	T_J	145	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{opr}	$-40 \sim +85$	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	T_{std}	$-40 \sim +100$	$^\circ\text{C}$
ESD Sensitivity ^[7]	-	$\pm 10,000\text{V HBM}$	-

*Notes :

- [1] SSC maintains a tolerance of $\pm 10\%$ on flux and power measurements.
- [2] Φ_V is the total luminous flux output as measured with an integrated sphere.
- [3] Correlated Color Temperature is derived from the CIE 1931 Chromaticity diagram.
CCT $\pm 5\%$ tester tolerance
- [4] A tolerance of $\pm 0.06\text{V}$ on forward voltage measurements
- [5], [6] $R\theta_{J-B}$ is measured with a SSC metal core pcb. ($25^\circ\text{C} \leq T_J \leq 110^\circ\text{C}$)
 $R\theta_{J-C}$ is measured with only emitter. ($25^\circ\text{C} \leq T_J \leq 110^\circ\text{C}$)
Break voltage of Metal PCB is 6.5kVAC
- [7] It is included the zener chip to protect the product from ESD.

Caution

1. Please do not drive at rated current more than 5 sec. without proper heat sink

Rev. 02

FEBRUARY, 2013

www.ZLED.com

Document No. : SSC-QP-7-07-24 (Rev.00)

Anexo D-320W Single Output with PFC Function



320W Single Output with PFC Function

SP-320 series


■ Features :

- Universal AC input / Full range
- Built-in active PFC function, PF>0.95
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage / Over temperature
- Forced air cooling by built-in DC Fan
- Built-in fan speed control
- Fixed switching frequency at 100KHz
- 3 years warranty



SPECIFICATION

MODEL		SP-320-3.3	SP-320-5	SP-320-7.5	SP-320-12	SP-320-13.5	SP-320-15	SP-320-24	SP-320-27	SP-320-36	SP-320-48	
OUTPUT	DC VOLTAGE	3.3V	5V	7.5V	12V	13.5V	15V	24V	27V	36V	48V	
	RATED CURRENT	55A	55A	40A	25A	22A	20A	13A	11.7A	8.8A	6.7A	
	CURRENT RANGE	0 ~ 60A	0 ~ 55A	0 ~ 40A	0 ~ 25A	0 ~ 22A	0 ~ 20A	0 ~ 13A	0 ~ 11.7A	0 ~ 8.8A	0 ~ 6.7A	
	RATED POWER	181.5W	275W	300W	300W	297W	300W	312W	315.9W	316.8W	321.6W	
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	200mVp-p	220mVp-p	240mVp-p	
	VOLTAGE ADJ. RANGE	3.14 ~ 3.63V	4.5 ~ 5.5V	6 ~ 9V	10 ~ 13.2V	12 ~ 15V	13.5 ~ 18V	20 ~ 26.4V	26 ~ 31.5V	32.4 ~ 39.6V	41 ~ 56V	
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±1.0%	±2.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	
	LINE REGULATION	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.3%	±0.3%	±0.3%	±0.2%	±0.2%	±0.2%	±0.2%	
	LOAD REGULATION	±1.5%	±1.0%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	
SETUP, RISE TIME		800ms, 50ms/230VAC 2500ms, 50ms/115VAC at full load										
HOLD UP TIME (Typ.)		16ms/230VAC 16ms/115VAC at full load										
INPUT	VOLTAGE RANGE Note.5	88 ~ 264VAC 124 ~ 370VDC										
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz										
	POWER FACTOR (Typ.)	PF>0.95/230VAC PF>0.98/115VAC at full load										
	EFFICIENCY (Typ.)	74%	79%	83%	86%	86%	86%	87%	88%	87%	89%	
	AC CURRENT (Typ.)	115VAC	2.5A	5A								
		230VAC	1.5A	2.5A								
	INRUSH CURRENT (Typ.)	20A/115VAC 40A/230VAC										
LEAKAGE CURRENT		<1mA / 240VAC										
PROTECTION	OVERLOAD	105 ~ 135% rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed										
	OVER VOLTAGE	3.8 ~ 4.5V 5.75 ~ 6.75V 9.4 ~ 10.9V 13.8 ~ 16.2V 15.5 ~ 18.2V 18 ~ 21V 27.6 ~ 32.4V 33.7 ~ 39.2V 45 ~ 52.5V 57.6 ~ 67.2V Protection type : Shut down o/p voltage, re-power on to recover										
	OVER TEMPERATURE	Shut down o/p voltage, recovers automatically after temperature goes down										
	WORKING TEMP.	-20 ~ +65℃ (Refer to "Derating Curve")										
ENVIRONMENT	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing										
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85℃, 10 ~ 95% RH										
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/℃ (0 ~ 50℃)										
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes										
SAFETY & EMC (Note 4)	SAFETY STANDARDS	UL60950-1, TUV EN60950-1, CCC GB4943(except for 3.3V, 36V) approved										
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC										
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25℃ / 70% RH										
	EMC EMISSION	Compliance to EN55022 (CISPR22) Class B, EN61000-3-2,-3										
OTHERS	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, EN55024, light industry level, criteria A										
	MTBF	207K hrs min. MIL-HDBK-217F (25℃)										
	DIMENSION	215*115*50mm (L*W*H)										
	PACKING	1.1Kg; 12pcs/14Kg/0.92CUFT										
NOTE		1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25℃ of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on http://www.mearwell.com) 5. Derating may be needed under low input voltages. Please check the derating curve for more details.										

File Name: SP-320-SPEC 2015-01-22

Anexo E- Controlador de LED IC Recom RCD-24-0.35

Features

Regulated Converters

- UL/ RAILWAYS Certified Constant Current LED Driver
- Wide Input and Output Voltage Range
- Digital PWM and Analogue Voltage Dimming
- Short Circuit Protected
- Pinned or Wired Versions
- IP67 rated for /W Version
- 96% Efficiency
- 5 year Warranty

Description

The RCD series is a step-down constant current source designed for driving high power white LEDs. Standard output currents available are 300mA, 350mA, 500mA, 600mA, 700mA, 1000mA and 1200mA to make this driver compatible with a wide range of LEDs applications. Despite its compact size, the RCD series is fully featured with very high efficiency, wide input voltage range, high ambient operating temperature and two means of dimming: PWM/digital control and analogue voltage dimming. Both dimming controls are independent and can be combined. The driver is also designed to be as reliable as the LEDs it is driving, even at the full operating temperature. Options include an IP67-rated wired version (/W) and a version with built-in reference output voltage (/Vref) to power sensors or for easy analogue dimming.

Selection Guide

Part Number	Input Range (VDC)	Output Current (mA)	Output Voltage (Vmin-Vmax)	Dimming Control	Options	Mounting Style
RCD-24-0.30 ^(a)	4.5-36V	0-300	2-35	Digital + Analogue	Vref	Pins or Wired
RCD-24-0.35 ^(a)	4.5-36V	0-350	2-35	Digital + Analogue	Vref	Pins or Wired
RCD-24-0.50 ^(a)	4.5-36V	0-500	2-35	Digital + Analogue	Vref	Pins or Wired
RCD-24-0.60 ^(a)	4.5-36V	0-600	2-35	Digital + Analogue	Vref	Pins or Wired
RCD-24-0.70 ^(a)	4.5-36V	0-700	2-35	Digital + Analogue	Vref	Pins or Wired
RCD-24-1.00 ^(a)	6-36V	0-1000	3-31	Digital + Analogue		Pins or Wired
RCD-24-1.20 ^(a)	6-36V	0-1200	3-31	Digital + Analogue		Pins or Wired

^(a) Standard is no suffix with PCB Pins.

^(a) Add suffix /Vref for pinned version with Vref output and analogue dimming

^(a) Add suffix /W for wired version without dimming control (four wires)

^(a) Add suffix /W/X1 for wired version with analogue dimming control (five wires)

^(a) Add suffix /W/X2 for wired version with PWM dimming control (five wires)

^(a) Add suffix /W/X3 for wired version with both analogue and PWM dimming controls (six wires)

Specifications (typical at 25°C, nominal input voltage, rated output current unless otherwise specified)

Input Voltage (absolute maximum)	40VDC max	
Recommended Input Voltage	300mA-700mA	5V min. / 24V typ. / 36VDC max
	1000mA-1200mA	6V min. / 24V typ. / 36VDC max
Input Filter	Capacitor	
Output Current Accuracy (Vin = 24DC)	300mA-700mA	±1% typ, ±3% max.
	1000mA-1200mA	±2% typ, ±5% max.
Internal Power Dissipation	Worst case load of 5 LEDs	800mW max
Output Current Stability	Vin=36V, Vout = 1-9 LEDs	±1% max
Output Ripple and Noise (20MHz BW)	300mA-700mA	150mVp-p max
	1000mA-1200mA	300mVp-p max
Temperature Coefficient	-40°C to +85°C ambient	±0.015%/°C max
Maximum Capacitive Load	100µF	
Operating Frequency	300mA-700mA	210kHz min/ 250kHz typ/ 280kHz max
	1000mA-1200mA	350kHz min/ 450kHz typ/ 550kHz max
Efficiency at Full Load	96% max.	
Short Circuit Protection	Regulated at rated output current	

continued on next page

LIGHTLINE

DC/DC-Converter

with 5 year Warranty

RECOM

Constant Current LED Driver



EN-50121-3-2 Certified

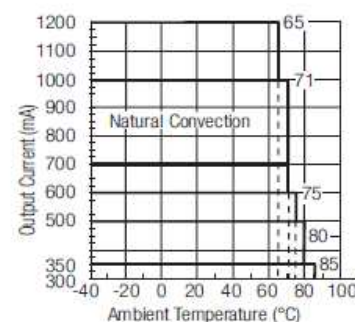
EN-60950-1 Certified

UL-60950-1 Certified

RCD-24

Derating Graph

(Ambient Temperature)



Refer to Application Notes

Anexo F- ALPHA WIRE 3071 SL001

HOOK-UP WIRE PVC INSULATION

MIL-W-16878E TYPE B
105°C, RoHS COMPLIANT, 600 VOLT

CHARACTERISTICS

OPERATING TEMPERATURE:

- -55°C to 105°C

VOLTAGE RATING:

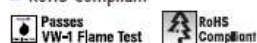
- 600 Volt

PRODUCT DESCRIPTION:

- Conductor: Stranded Tinned Copper
- Insulation: Color-Coded PVC

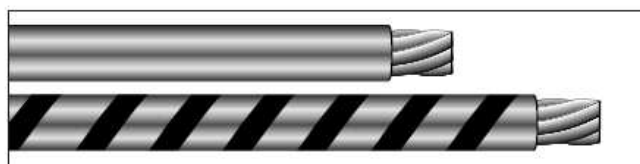
SPECIFICATIONS

- MIL-W-16878E Type B
- RoHS Compliant



AVAILABILITY

- 100 ft (30,5m), 1000 ft (305m) put-ups



Alpha Part No.	Type Designation	Conductor AWG	Strand	Insul. Thickness Inches	mm	Diameter Inches	mm	Stock Colors*
1850	B-32	32	7/40	0.010	0,25	0.028	0,71	1-6
1851†	B-30	30	7/38	0.010	0,25	0.032	0,81	1-6
1852†	B-28	28	7/36	0.010	0,25	0.034	0,86	1-10
1853†	B-26	26	7/34	0.010	0,25	0.038	0,96	1-19
1854†	B-24	24	7/32	0.010	0,25	0.043	1,09	1-19
1854/19	B-24	24	19/36	0.010	0,25	0.043	1,09	1-19
1855†	B-22	22	7/30	0.010	0,25	0.050	1,27	1-19
1855/19	B-22	22	19/34	0.010	0,25	0.050	1,27	1-19
1856†	B-20	20	7/28	0.010	0,25	0.058	1,47	1-19
1856/19	B-20	20	19/32	0.010	0,25	0.058	1,47	1-19
1857	B-18	18	7/26	0.010	0,25	0.068	1,73	1-19
1857/19	B-18	18	19/30	0.010	0,25	0.068	1,73	1-19
1858/19	B-16	16	19/29	0.010	0,25	0.077	1,96	1-19
1859/19	B-14	14	19/27	0.010	0,25	0.091	2,31	1-10

† Also meets MIL-W-76B Type LW

*See color chart below

UL 1015, CSA TEW-105
105°C, RoHS COMPLIANT, 600 VOLT

PVC INSULATION

CHARACTERISTICS

OPERATING TEMPERATURE:

- -20°C to 105°C

VOLTAGE RATING:

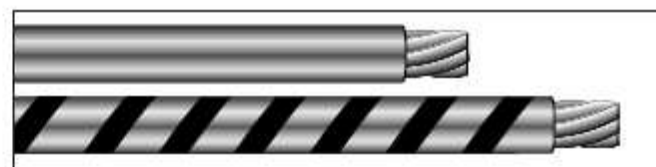
- 600 Volt

PRODUCT DESCRIPTION:

- Conductor: Stranded Tinned Copper
- Insulation: Color-Coded PVC

SPECIFICATIONS

- UL AWM Style 1015
- CSA TEW-105
- RoHS Compliant



Alpha Part No.	Conductor AWG	Strand	Insul. Thickness Inches	mm	Diameter Inches	mm	Stock Colors*
3070	24	7/32	0.032	0,81	0.088	2,24	1-10+28
3071	22	7/30	0.032	0,81	0.094	2,38	1-10+28,29
3073	20	10/30	0.032	0,81	0.100	2,54	1-10+28
3075	18	16/30	0.032	0,81	0.112	2,85	1-10+28,29
3077	16	26/30	0.032	0,81	0.124	3,14	1-10+28,29
3079	14	41/30	0.032	0,81	0.134	3,61	1-10+28,29
3080	12	65/30	0.032	0,81	0.162	3,93	1-4
3081	10	105/30	0.032	0,81	0.180	4,83	1-4

*See color chart below

AVAILABILITY

- 100 ft (30,5m), 1000 ft (305m) put-ups

*STOCK COLOR CHART

1-White	3-Red	5-Yellow	7-Brown	9-Gray	11-White/Black	13-White/Green	15-White/Blue	17-White/Orange	19-White/Violet	29-Yellow/Green
2-Black	4-Green	6-Blue	8-Orange	10-Violet (purple)	12-White/Red	14-White/Yellow	16-White/Brown	18-White/Gray	28-Green/Yellow	30-Pink

Web Site: www.alphawire.com
Email: info@alphawire.com

Toll Free: 1-800-52 ALPHA • Telephone: 908-925-8000 • Fax: 908-925-6923
Europe/UK Telephone: +44 (0) 1932 772422 • Europe/UK Fax: +44 (0) 1932 772433



Anexo G-Botón de emergencia ABB CEPY1-1002

CEPY1-1002



General Information

Extended Product Type:	CEPY1-1002
Product ID:	1SFA619821R1002
EAN:	7320500358092
Catalog Description:	CEPY1-1002 Enclosure
Long Description:	Assembled Enclosure - 40mm Mushroom Emergency Stop - Pull Release - 2NC - Horizontally mounted

Categories

Products » Low Voltage Products and Systems » Control Products » Pilot Devices » Pilot Devices Accessories

Ordering

EAN:	7320500358092
Minimum Order Quantity:	1 piece
Customs Tariff Number:	85369001

Dimensions

Product Net Width:	0.065 m
Product Net Height:	0.078 m
Product Net Depth:	0.065 m
Product Net Weight:	0.105 kg

Container Information

Package Level 1 Width:	0.1 m
Package Level 1 Height:	0.078 m
Package Level 1 Length:	0.1 m
Package Level 1 Gross Weight:	0.105 kg

Environmental

RoHS Status:	Following EU Directive 2002/95/EC August 18, 2005 and amendment
--------------	---

Additional Information

Accessory Type:	Enclosure
Color:	Yellow/Light grey
Material:	Plastic
Product Main Type:	CEPY1
Product Name:	Enclosure
Product Range:	Compact range
Product Type:	CEPY
RoHS Date:	0626 5

Certificates and Declarations (Document Number)

Data Sheet, Technical Information:	1SFC151003C0201
Declaration of Conformity - CE:	1SFA1-70
RoHS Information:	1SFC151012D0202

Classifications

ETIM 4:	EC002024 - Accessories for control circuit devices
ETIM 5:	EC002024 - Accessories for control circuit devices
Object Classification Code:	S
UNSPSC:	39121500



Anexo H- Etiquetas láminas LED

11LED-IR	12LED-IR	13LED-IR	14LED-IR
11LED-PW	12LED-PW	13LED-PW	14LED-PW
11LED-WW	12LED-WW	13LED-WW	14LED-WW
15LED-IR	21LED-IR	22LED-IR	23LED-IR
15LED-PW	21LED-PW	22LED-PW	23LED-PW
15LED-WW	21LED-WW	22LED-WW	23LED-WW
24LED-IR	25LED-IR	31LED-IR	32LED-IR
24LED-PW	25LED-PW	31LED-PW	32LED-PW
24LED-WW	25LED-WW	31LED-WW	32LED-WW

33LED-IR

34LED-IR

35LED-IR

36LED-IR

33LED-PW

34LED-PW

35LED-PW

36LED-PW

33LED-WW

34LED-WW

35LED-WW

36LED-WW

37LED-IR

38LED-IR

37LED-PW

38LED-PW

37LED-WW

38LED-WW

Anexo I- Longitud del cableado

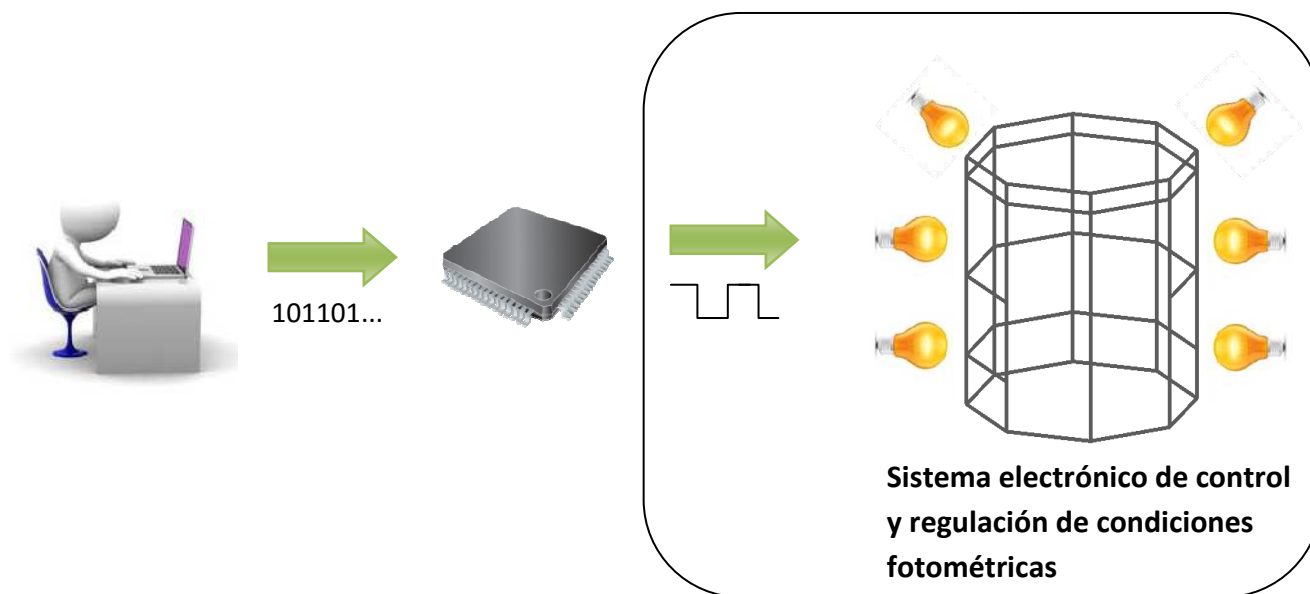
Cableado de alimentación							
Lámina	Altura	Recorrido				Total (1 cable)(cm)	Total mazo (3 cables)(Cm)
13	207	86	5	255	80	972	2916
23	127	86	5	255	80	892	2676
12	207	86	4	255	80	886	2658
22	127	86	4	255	80	806	2418
11	207	86	3	255	80	800	2400
14	207	86	3	255	80	800	2400
33	26	86	5	255	80	791	2373
21	127	86	3	255	80	720	2160
24	127	86	3	255	80	720	2160
15	207	86	2	255	80	714	2142
32	26	86	4	255	80	705	2115
25	127	86	2	255	80	634	1902
31	26	86	3	255	80	619	1857
34	26	86	3	255	80	619	1857
35	26	86	2	255	80	533	1599
38	26	86	2	255	80	533	1599
37	26	86	1	255	80	447	1341
36	26	0	0	255	80	361	1083
Total (metros)						125,52	376,56

Cableado de control							
Lámina	Altura	Recorrido				Total (1 cable)(cm)	Total mazo (3 cables)(Cm)
13	207	86	5	255	80	972	2916
23	127	86	5	255	80	892	2676
12	207	86	4	255	80	886	2658
22	127	86	4	255	80	806	2418
11	207	86	3	255	80	800	2400
14	207	86	3	255	80	800	2400
33	26	86	5	255	80	791	2373
21	127	86	3	255	80	720	2160
24	127	86	3	255	80	720	2160
15	207	86	2	255	80	714	2142
32	26	86	4	255	80	705	2115
25	127	86	2	255	80	634	1902
31	26	86	3	255	80	619	1857
34	26	86	3	255	80	619	1857
35	26	86	2	255	80	533	1599
38	26	86	2	255	80	533	1599
37	26	86	1	255	80	447	1341
36	26	0	0	255	80	361	1083
Total (metros)						125,52	376,56

Anexo J-Resumen del estado del sistema

En este anexo se resume el estado actual del sistema así como las siguientes tareas necesarias para completar el funcionamiento para su uso en ensayos.

El objeto del actual proyecto ha sido completar la zona señalada con un recuadro en la siguiente ilustración.



Los LEDs instalados se encuentran en funcionamiento al conectarlos a alimentación, pudiendo ser modulados con una señal PWM con los cables de control acoplados a la mesa del operador.

Siguientes tareas:

- ✓ Es necesario conectar los cables de control a un microprocesador, cada cable de control modulará una tira de 10 LEDs. Se necesitan controlar 54 salidas.
- ✓ Una vez conectado el interfaz entre microprocesador y sistema LED, se deberá programar el microprocesador para genere una señal PWM, pudiendo variar su ciclo de trabajo según se desee y variando la señal según la lámina y tipo de LED sobre la que se desea actuar. Por tanto se necesitan modular con el microprocesador 54 señales PWM.
- ✓ Por último, se integraría el anterior programa en otro para programar la secuencia de encendido de los LEDs y su nivel de modulación para una aplicación en ensayos biométricos.